

licht.wissen 03

Straßen, Wege und Plätze



Freier Download auf
www.licht.de





Editorial

Sehr geehrte Leserinnen, sehr geehrte Leser,

eine moderne und zukunftssichere öffentliche Beleuchtung ist ein Gewinn für jede Stadt. Gutes Licht sorgt für Sicherheit bei Passanten, reduziert die Unfallgefahr im Verkehr und trägt als gestalterisches Element maßgeblich zu einem attraktiven Stadtbild bei.

In den vergangenen Jahren ist auf kommunaler Ebene die Nachfrage nach energieeffizienten Lichtlösungen stark gestiegen. Neue gesetzliche Rahmenbedingungen und der Wandel der Beleuchtungstechnik hin zu LEDs stellen Kommunen vor große Herausforderungen und offenbaren den Handlungsbedarf in diesem Bereich. Darüber hinaus verstärken aktuelle gesellschaftliche Entwicklungen, wie die zunehmende Konzentration der Bevölkerung in städtischen Gebieten die Notwendigkeit, urbane Lebensräume und deren Verkehrsnetze diesen Gegebenheiten anzupassen. Um auf lange Sicht eine hohe Lebensqualität zu gewährleisten, sind gezielte Investitionen in eine nachhaltige Infrastruktur mit intelligenten Lichtlösungen gefragt. Jüngste Bestandsaufnahmen zur Situation der Straßenbeleuchtung in Deutschland dokumentieren vielerorts wenig effiziente Lichtanlagen. Allein auf die Beleuchtung der öffentlichen Straßen, Wege und Plätze entfallen derzeit noch 30 bis 50 Prozent des kommunalen Stromverbrauchs. Das verursacht hohe Kosten und belastet das Klima. Energieeffiziente Beleuchtungslösungen eröffnen weitreichende Einsparmöglichkeiten und schonen das Klima.

Eine führende Rolle im Bereich der energieeffizienten Außenbeleuchtung nimmt derzeit die LED-Technologie ein. Ihr enormes Leistungsvermögen ermöglicht eine hohe Lichtausbeute bei ausgesprochen niedrigem Energieverbrauch. So ergibt sich bei einem Wechsel von herkömmlichen Leuchtmitteln auf innovative LED-Systeme mit intelligenter Steuerung ein Energie- und CO₂-Einsparpotenzial von 80 Prozent und mehr. Ausgehend von aktuellen technischen Entwicklungen, geltenden Normen und rechtlichen Vorgaben stellt diese Broschüre beispielhafte Lichtlösungen zur Optimierung öffentlicher Lichtanlagen vor. Sie versteht sich als Orientierungshilfe für Entscheider und Planer in kommunalen Einrichtungen, die an Modernisierungsvorhaben beteiligt sind. Darüber hinaus vermitteln verständlich aufbereitete Tabellen und Grafiken wertvolles Hintergrundwissen, beispielsweise zu den Grundlagen der lichttechnischen Planung.

Hilfreiche Checklisten und Tools sowie eine Übersicht aktueller Fördermöglichkeiten sollen die praktische Umsetzung erleichtern. Schließlich kommen zukunftssichere Beleuchtungskonzepte den Städten von morgen in vielfacher Hinsicht zugute: Sie schonen die Umwelt, tragen zur urbanen Lebensqualität bei und sind Impuls für einen verantwortungsvollen Umgang mit begrenzten Energieressourcen. Für das Erreichen der ehrgeizigen deutschen und europäischen Einsparziele bis 2020 beziehungsweise 2030 ist der Einsatz effizienterer Technologie unabdingbar. Gelingt der Umstieg auf neue Beleuchtungstechnologien insbesondere auf LED nicht, werden die gesetzten Ziele nur sehr schwer zu erreichen sein.

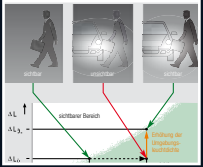
PS ts Scheuer

[Titelseite] Vorrangige Aufgabe der Straßenbeleuchtung ist es, für gute Sicht und ein sicheres Miteinander auf unseren Straßen zu sorgen. Besonders wichtig ist das im Fall von Konfliktzonen, wo sich die unterschiedlichsten Verkehrsteilnehmer gleichzeitig begegnen.

[01] Licht setzt Fassaden nachts imposant in Szene und sorgt für ein stimmungsvolles Ambiente in Städten und Gemeinden.



Aufgaben der kommunalen Beleuchtung
Seite 06



Grundlagen der Lichttechnik
Seite 08



Nachhaltigkeit und Umwelt
Seite 14



Produktqualität
Seite 16



Nebenstraßen und verkehrsberuhigte Zonen
Seite 20



Hauptverkehrsstraßen
Seite 22



Autobahnen und Kraftfahrzeugstraßen
Seite 24



Fußgängerzonen und Plätze
Seite 26

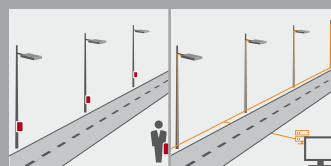


Licht-Spezial

Lichtplanung und Normen
Seite 10



Lichtmanagement
Seite 18



Straßenbeleuchtung und Sicherheit
Seite 38





Parks und
Grünanlagen
Seite 28



Bahnhofsvorplätze,
Busbahnhöfe und
Parkplätze
Seite 30



Fußgängerüberwege
und Querungshilfen
Seite 32



Konfliktzonen
Seite 34



Tunnelbeleuchtung
Seite 36



Energieeffizienz
und Kosten
Seite 40



Normen, Literatur,
hilfreiche Webseiten
Seite 48



Schriftenreihe
Impressum
Seite 54



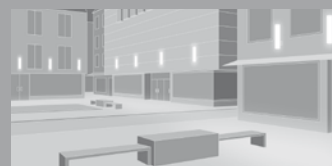
Sanierungsprozess
Seite 44



Beispielhafte Sanierungskonzepte
Seite 46



Leuchten in ihrer Anwendung
Seite 50



Lichtquellen
Seite 52





02



03



04

Aufgaben der kommunalen Beleuchtung

Dank der aktuellen LED-Technologie befindet sich die Beleuchtung im öffentlichen Raum im Umbruch. Noch nie war Licht so innovativ, flexibel und effizient. Damit erschließen sich völlig neue Möglichkeiten und Perspektiven für die technische und dekorative Beleuchtung in Städten und Kommunen.

Verkehrssicherheit, Energieeffizienz, Lebenszykluskosten, Sanierungsbedarf, Ersatzteilbeschaffung, Anwohner- und Nutzerzufriedenheit – die moderne Beleuchtung in Kommunen kann viele Fragen aufwerfen, aber auch unendlich viele Möglichkeiten bieten. Dabei sind die Anforderungen an eine gute Beleuchtung über die Jahre hinweg immer die gleichen geblieben.

Sicherheit im Straßenverkehr verbessern

Die wichtigste Aufgabe der Straßenbeleuchtung ist vermeintlich einfach: Ausreichende Sichtverhältnisse für alle Verkehrsteilnehmer zu schaffen. Hierbei sind allerdings einige Hürden zu nehmen. Wird eine Beleuchtungsplanung für den öffentlichen Raum erstellt, so sind die normativ empfohlenen Minimalanforderungen nach DIN EN 13201 zu beachten. Sie berücksichtigen alle wesentlichen Faktoren wie Verkehrsdichte, Fahrbahnbreite, Lichtpunkthöhe, Mastabstand und Straßentyp. Dabei sollten grundsätzlich alle Verkehrsflächen so beleuchtet sein, dass jeder Verkehrsteilnehmer sich verändernden Verkehrssituationen anpassen kann. Plötzlich auftretende Störungen müssen auch aus großer Entfernung frühzeitig und deutlich wahrnehmbar sein, um richtig reagieren zu können. Die Straßenbeleuchtung leistet hierbei einen aktiven Beitrag zur Senkung des Unfallrisikos, sowohl auf den Straßen als auch auf den übrigen Verkehrsflächen.

Sicherheitsgefühl für Passanten erhöhen

Eine gute und vor allem ausreichend helle Beleuchtung von Wegen und Plätzen leistet einen wichtigen Beitrag zur Reduzierung von Übergriffen auf Passanten und Eigentum. Hohe Beleuchtungsstärken wirken abschreckend und präventiv. Sie helfen dabei, Details oder Absichten sich nähernder Personen schon aus größerer Entfernung besser zu erkennen und entsprechend zu reagieren. Das erhöht zum einen das individuelle Sicherheitsgefühl

und schreckt zum anderen zwielichtige Gestalten von vornherein ab.

Attraktives Erscheinungsbild schaffen

Die Beleuchtung trägt wesentlich zum Erscheinungsbild einer Stadt oder Gemeinde bei. Tagsüber prägen die Leuchten das Stadtbild durch Form und Design. Sie fügen sich dezent in das Stadtbild ein oder ziehen durch expressive Formen die Blicke auf sich. In der Nacht bestimmt vor allem ihre Lichtwirkung, ob die Menschen gut sehen können und sich in ihrer Umgebung wohlfühlen. Obwohl hier vor allem Funktionalität gefragt ist, wird darüber hinaus die Atmosphäre und das Ambiente maßgeblich durch das Licht bestimmt. Attraktiv beleuchtete Städte und Gemeinden ziehen Besucher an und bieten neue Impulse für Gastronomie und heimische Wirtschaft.

Kosten einsparen bei gleichzeitiger

Reduktion der CO₂-Emissionen

In den letzten Jahren hat sich die LED-Technologie auch im Bereich der Straßenbeleuchtung durchgesetzt. LEDs haben ein enormes Leistungspotential und ihr Licht lässt sich sehr gezielt und mit minimierten Streuverlusten lenken. Zudem können sie gedimmt werden, um nur so viel Licht und Leistung zur Verfügung zu stellen, wie tatsächlich benötigt wird. Bei identischer Beleuchtungsaufgabe kann eine LED-Leuchte gegenüber einer konventionellen Straßenleuchte bis zu 80% Energie und CO₂ einsparen. Damit können Betriebskosten und negative Umwelteinflüsse reduziert werden. Dieses Potenzial kann allerdings nur mit Qualitätsleuchten ausgeschöpft werden. Hier müssen alle Komponenten – vom Gehäuse über die Steuerung bis hin zur Lichttechnik – fachgerecht aufeinander abgestimmt sein.

[02, 03] Ein attraktives Stadtbild mit moderner Straßenbeleuchtung muss nicht zwangsläufig Haushalt und Umwelt belasten. Die LED-Technologie hat in den letzten Jahren viel bewegt und viel zur Senkung von Stromkosten und der CO₂-Belastung beigetragen.

[04] Sicherheit schaffen, auf allen Verkehrswegen, ist die wichtigste Aufgabe kommunaler Beleuchtung. Das beginnt bei Autobahnen und Schnellstraßen und wird fortgeführt bis hin zur nächtlichen Beleuchtung der Wege durch den Stadtpark.

Grundlagen der Lichttechnik

Die richtige Beleuchtung sorgt in Städten und Kommunen für Sicherheit und Komfort. Die Grundlagen der Lichttechnik sollten zum Basiswissen all jener gehören, die mit Beleuchtung und Lichtplanung zu tun haben.

Die vier Grundgrößen der Lichttechnik

1) Der **Lichtstrom** wird in Lumen (lm) gemessen und gibt die Lichtleistung einer Lampe an, die sie in alle Richtungen im sichtbaren Bereich abstrahlt.

2) Die **Lichtstärke**, gemessen in Candela (cd), bezieht sich nur auf den Teil des Lichtstromes, der in eine bestimmte Richtung strahlt. Es gibt viele verschiedene Leuchten und Reflektorlampen, deren Unterscheidungsmerkmal in ihren spezifischen Lichtausstrahlungen liegt. Diese bestimmen, wie sich das Licht auf der Straße verteilt.

3) Die **Leuchtdichte** sagt etwas darüber aus, welchen Eindruck das Auge von der Helligkeit einer Fläche hat, die selbst leuchtet oder beleuchtet wird. In Candela pro Quadratmeter (cd/m^2) beschreibt sie, wie hoch die Lichtstärke in einem definierten Ausschnitt dieser Fläche ist.

4) Die **Beleuchtungsstärke** ist das Maß für den Lichtstrom, der von einer Lampe auf eine definierte Fläche trifft. Diese Einheit wird in Lux (lx) angegeben und beträgt 1 Lux, wenn eine Fläche von 1m^2 gleichmäßig mit 1 Lumen Lichtstrom beleuchtet wird. Beispiel: Eine normale Kerzenflamme erzeugt im Abstand von 1 m zirka 1 Lux.

Das Helligkeitsniveau muss den Sehaufgaben entsprechen

Ein ausreichendes Helligkeitsniveau (Beleuchtungsniveau) ist Grundvoraussetzung für gutes Sehen im Außenraum. Es muss sich an den Sehaufgaben der Verkehrsteilnehmer orientieren und diese bei der Verrichtung ihrer jeweiligen Tätigkeiten so unterstützen, dass die Unfallgefahr sinkt. Entscheidend sind hierbei Beleuchtungsstärke und Reflexionseigenschaften der beleuchteten Fläche sowie die Leuchtdichte. Dabei definiert die Beleuchtungsstärke (lx) den Lichtstrom, der von einer Lichtquelle ausgehend auf einer bestimmten Fläche auftrifft.

Leuchtdichte

Das subjektive Helligkeitsempfinden wird durch die Leuchtdichte (cd/m^2) bestimmt. Sie bezeichnet den Helligkeitseindruck, den das Auge von einer angestrahlten oder leuchtenden Fläche gewinnt. Maßgeblich ist hier die Lichtstärke in Beziehung zu der Größe der Fläche. Die Leuchtdichte und ihre Verteilung im Bereich der Sehaufgabe beziehungsweise in deren Umgebungsbereich beeinflussen, wie schnell, sicher und leicht Objekte erfasst und Handlungen ausgeführt werden können.

Reflexionsgrad

Der Reflexionsgrad gibt darüber Auskunft, wie viel Prozent des Lichtstroms, der auf eine Fläche trifft, reflektiert wird. Je heller die Fläche, desto höher ist der Reflexionsgrad und desto mehr wird die Umgebung erhellt. Bei hellen Fassaden beträgt er bis zu 85 Prozent, bei Standard-Betonstraßenbelag durchschnittlich 27 Prozent.

Adaptationszeit der Augen

Die Anpassung der Augen an helle und dunkle Lichtsituationen hat entscheidende Auswirkungen auf die Sehleistung des Menschen. Beeinträchtigungen treten besonders dann auf, wenn große Helligkeitsunterschiede in kurzer Zeit verarbeitet werden müssen. Die Helladaptation, also die Anpassung von Dunkel zu Hell, verläuft dabei schneller als die Dunkeladaptation. Dabei müssen sich die Augen von Hell an Dunkel gewöhnen, wobei deutlich mehr Zeit (je nach Situation sogar mehrere Minuten) vergehen kann. Deshalb werden beispielsweise Ein- und Ausfahrten von Tunnel mit Adaptationsstrecken versehen, um einen sicheren Übergang von Hell zu Dunkel beziehungsweise von Dunkel zu Hell zu schaffen.

Blendung und Schleierleuchtdichte

Durch Blendung werden Sehleistung und Sehkomfort deutlich erschwert. Dabei wird die direkte Blendung durch Leuchten, die Sonne oder sehr helles Tageslicht verur-

sacht, während die indirekte Blendung durch Reflexe oder Spiegelungen auf glänzenden Oberflächen ausgelöst wird. Eine Blendungsbegrenzung der Leuchten kann beispielsweise durch geeignete Optiken erreicht werden.

Bei der Schleierleuchtdichte kommt es durch eine Störlichtquelle neben dem betrachteten Objekt zu einem starken Lichtreiz und Streulicht auf der Netzhaut. Dieses legt sich wie ein Schleier über die Netzhaut und vermindert das Wahrnehmen von Kontrasten. Das beste Beispiel hierfür ist nächtliches Autofahren bei Gegenverkehr. Je heller die Lichtquelle ist und je näher man dieser Lichtquelle kommt, umso stärker wird das Sehen beeinträchtigt. Im Alter ist der Effekt der Lichtstreuung durch eine Eintrübung der Linse zudem noch deutlich höher als bei jungen Menschen.

Blendungsbewertung über den Blendungswert, Glare Rating Verfahren

Blendung wird durch helle Flächen im Gesichtsfeld hervorgerufen und führt zu einer erheblichen Störung des Wahrnehmungsvermögens. Bei vielen Menschen führt diese Blendung darüber hinaus zu Unbehagen, Unsicherheit und rascher Ermüdung, zum Beispiel beim Führen eines Fahrzeugs bei Nacht - in diesem Fall sprechen Experten von psychologischer Blendung. Um Fehler, Ermüdung und Unfälle zu vermeiden, ist es wichtig, Blendung zu begrenzen. Der Grad der die Sehleistung beeinträchtigenden Direktblendung durch Leuchten oder andere Blendlichtquellen wird unter anderem für Arbeits- und Sportstätten im Freien durch den Blendungswert GR beschrieben.

Blendungsbewertung über die prozentuale Schwellenwerterhöhung (TI-Verfahren)

In der Straßenbeleuchtung wird bei der Blendungsbewertung von einer vorgegebenen Blickrichtung des Kraftfahrers ausgegangen. Als Bewertungsgröße für die physiologische Blendung wird die prozentuale Schwellenwerterhöhung TI (threshold increment) herangezogen und über die DIN EN 13201 begrenzt.

Lichtfarben


Die Lichtfarbe ist die Eigenfarbe des Lichts, das von einer künstlichen Lichtquelle abgestrahlt wird. Je weniger Kelvin (K) eine

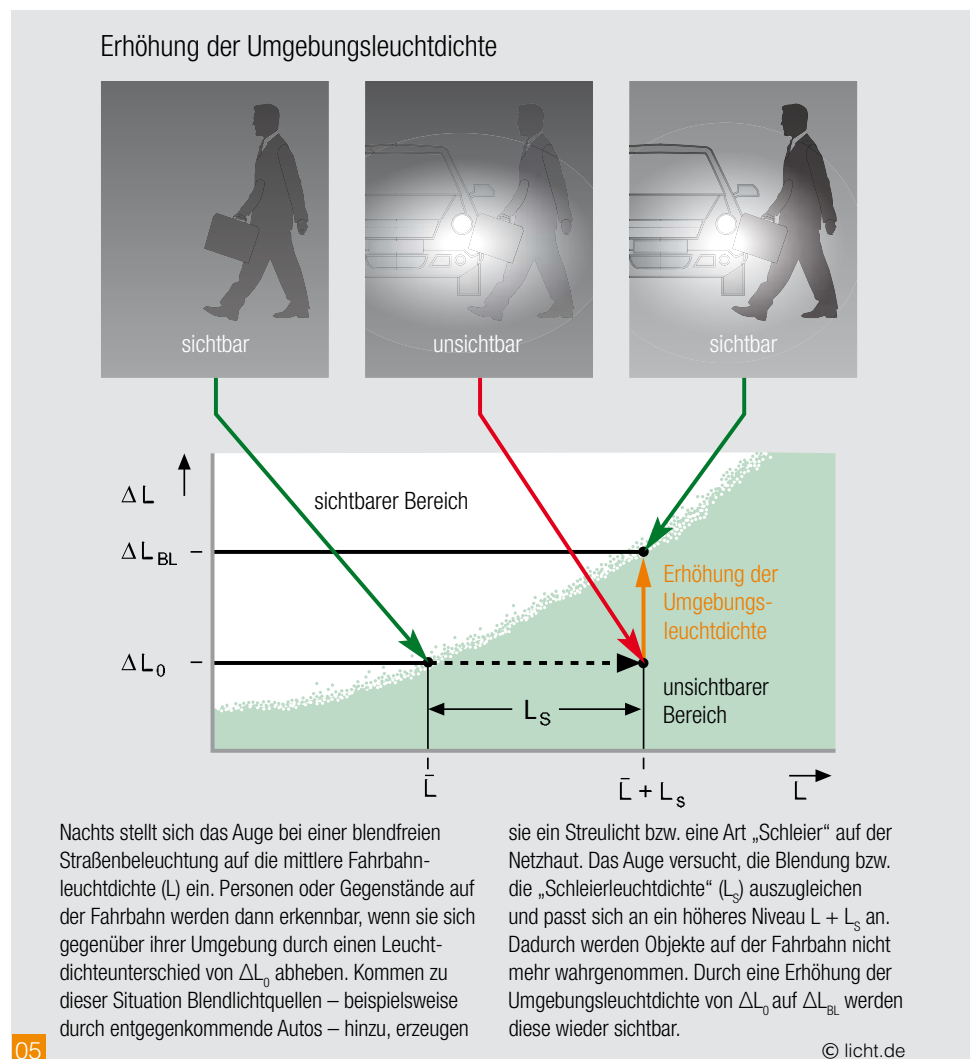
Lampe hat, umso wärmer wirkt die Beleuchtung. Niedrige Farbtemperaturen beschreiben warme, gelb-rot-weiß erscheinende Lichtfarben, wie z.B. bei Natriumdampflampen, Halogenlampen und warmweiße Leuchtstofflampen. Hohe Farbtemperaturen beschreiben kalte, weiß-blaue Lichtfarben, ähnlich dem Tageslicht (mit etwa 6500 Kelvin) bei bedecktem Himmel. Ein Beispiel hierfür sind Leuchtstofflampen der Lichtfarbe neutralweiß beziehungsweise tageslichtweiß sowie Halogen-Metall dampflampen. In der Regel wird zwischen drei Lichtfarben unterschieden: Warmweiß unter 3300 Kelvin, Neutralweiß 3300 bis 5300 Kelvin und Tageslichtweiß über 5300 Kelvin.

Farbwiedergabe

Der Farbwiedergabewert R_a gibt darüber Auskunft, ob die mit Kunstlicht beleuchteten Farben unverfälscht wahrgenommen werden können. Die Farbwiedergabe

gängiger Leuchtmittel reicht von $R_a 20$ - $R_a 100$ und wird entscheidend von der Qualität des Leuchtmittels bestimmt. Liegt der Farbwiedergabewert R_a bei 100, so ist der Farbwiedergabewert optimal und alle Farben erscheinen natürlich. Halogen-Metall dampflampen erreichen einen Wert zwischen $R_a 60$ und $R_a 95$. LEDs können ebenfalls einen sehr guten Farbwiedergabewert zwischen $R_a 70$ und $R_a 95$ aufweisen. Im Vergleich dazu weisen Natriumdampf-Hochdrucklampen einen deutlich niedrigeren Wert von beispielsweise $R_a 25$ auf. Ein hoher Farbwiedergabewert dient vor allem dem Sehkomfort und ist damit besonders für Fußgängerbereiche und zum Anstrahlen von Fassaden und Objekten geeignet.

 Weiterführende Informationen zum Thema sind in licht.wissen 01 „Die Beleuchtung mit künstlichem Licht“ zu finden.



Lichtplanung und Normen

Sicherheit auf Straßen und Wegen wird im hohen Maße durch die richtige Beleuchtung beeinflusst. Dabei sind die lichttechnischen, normativen und gestalterischen Anforderungen ausgesprochen hoch und erfordern das umfangreiche Wissen von Fachleuten und Planern. Hier ein kurzer Überblick über die wichtigsten Eckpunkte.

Die Anforderungen an die Beleuchtung werden durch das Gefährdungspotenzial des jeweiligen Straßenabschnitts bestimmt. Mit zunehmender Verkehrsstärke erhöht sich auch die Kollisionsgefahr. Wird der Raum auf und neben der Straße zudem noch von unterschiedlichen Verkehrsteilnehmern wie Autofahrern, Radfahrern und Fußgängern genutzt, ist die Gefährdung noch deutlich höher, da große Unterschiede in Geschwindigkeit, Objektgröße und Erkennbarkeit vorliegen. Ein weiterer Parameter ist die Übersichtlichkeit der Straße, die stark abhängig ist vom Straßenverlauf, von ihrem Ausbau und den erlaubten Höchstgeschwindigkeiten. Alle diese Faktoren müssen bei der Festlegung des Beleuchtungsniveaus berücksichtigt werden. Vereinfacht dargestellt bedeutet das, je größer das Unfallrisiko, desto mehr Licht muss die Straßenbeleuchtung zur Verfügung stellen.

Beleuchtungsniveau

Das Beleuchtungsniveau ist eines der wichtigsten Kriterien kommunaler Beleuchtung. Hier unterscheidet man für die Planung nach den zulässigen Geschwindigkeiten. Bei Geschwindigkeiten über 30km/h, wie sie zum Beispiel auf Hauptverkehrsstraßen, Autobahnen oder auch in Tunneln gefahren werden, wird die Leuchtdichte (Candela pro m²) herangezogen. Bei Geschwindigkeiten bis 30km/h, beispielsweise in verkehrsberuhigten Zonen oder auf Parkplätzen, ist hingegen die Beleuchtungsstärke (Lux) maßgeblich.

Fahrbahnleuchtdichte

Die Leuchtdichte (L) auf der Fahrbahn wird im Wesentlichen durch zwei Faktoren bestimmt, durch die Beleuchtungsstärke und die Reflexionseigenschaften der zu beleuchtenden Flächen. Die Beleuchtungsstärke ist abhängig von der Anzahl und Anordnung der Lichtquellen und deren räumlicher Lichtstärkeverteilung sowie dem Lichtstrom der verwendeten Lampen.

Reflexionsgrad

Je dunkler und matter die Oberfläche, beispielsweise der Straßenbelag oder die Fassade, desto geringer ist deren Reflexionsgrad, und umso heller muss die Straße oder das Objekt ausgeleuchtet werden. Planer erhalten Hilfestellung bezüglich der empfohlenen Mindest-Beleuchtungsstärken in den CIE-Publikationen 94:1993 und CIE 136:2000, die auch den Reflexionsgrad der angestrahlten Fläche berücksichtigen.

Verkehrssicherungspflicht

Um Kosten einzusparen, schalten manche Kommunen in den weniger frequentierten Nachtstunden zwischen 23 und 5 Uhr jede zweite Leuchte ab. Dabei entstehen bei einer teilweisen Beleuchtung gefährliche dunkle Bereiche, sogenannte „Tarnzonen“, welche die Unfallgefahr deutlich erhöhen. Mit dieser zweifelhaften Einsparung verletzt der dafür verantwortliche Träger seine Verkehrssicherungspflicht. Kommt es zu Unfällen, sind Gerichtsprozesse und Schadensersatz- bzw. Schmerzensgeldforderungen vorprogrammiert. In einem Urteil vom 03. Mai 2013 hat das Landgericht Limburg die Stadt Herborn zu einer Zahlung von Schmerzensgeld an einen Passanten verurteilt, der sich nachts bei ausgeschalteter Straßenbeleuchtung verletzt hatte.

Nach DIN EN 13201 muss die vor dem Kraftfahrer liegende Fahrspur besondere Anforderungen im Hinblick auf gleichmäßige Verteilung der Leuchtdichte bzw. Beleuchtungsstärke erfüllen. Siehe dazu auch die Abbildungen 06-07 auf der rechten Seite. Das Unfallrisiko wird bei Abschaltung einzelner Leuchten vor allem deswegen erhöht, weil der Kraftfahrer im sicheren Vertrauen auf seine Sehleistung andere Verkehrsteilnehmer in diesen Dunkelzonen viel zu spät erkennt. Tarnzonen stellen somit für Kraftfahrer und Fußgänger gleichermaßen eine Gefahrenquelle dar.

Um ein solches Gefahrenpotential von vornherein auszuschließen und dennoch energieeffiziente Lösungen zu nutzen, bietet sich die Verwendung neuer Technologien an, zum Beispiel der Einsatz moderner regel- und dimmbarer Leuchten mit LED-Bestückung. Hierbei wird das Beleuchtungsniveau aller Leuchten eines Straßenverlaufes elektronisch heruntergeregelt und dunkle Zonen vermieden. Weitere Infos dazu im Kapitel Lichtmanagement auf den Seiten 18-19.

Vorgehensweise zur Bestimmung der Güteermere in der Straßenbeleuchtung

In der DIN 13201 werden die örtlichen Gegebenheiten in mehreren Schritten klassifiziert und Güteermere für die Beleuchtung festgelegt. Die Vorgehensweise zur Ermittlung der lichttechnischen Anforderungen im Überblick:

- 1. Einordnung und Klassifizierung** des Verkehrsweges in die Beleuchtungssituationen A1 bis E2 nach DIN 13201-1 (siehe Abbildung 08 auf der rechten Seite).
- 2. Ermittlung der Beleuchtungsklasse** anhand der betreffenden Basis- und Zusatztabelle (1.4-13) nach DIN 13201-1 und DIN EN 13201-2. Als Hilfestellung kann hierzu die auf Seite 13 abgebildete Planungshilfe dienen.
- 3. Bestimmung der lichttechnischen Anforderungen** an die Beleuchtung gemäß Tabellen 1.4-16 bis 1.4-18.

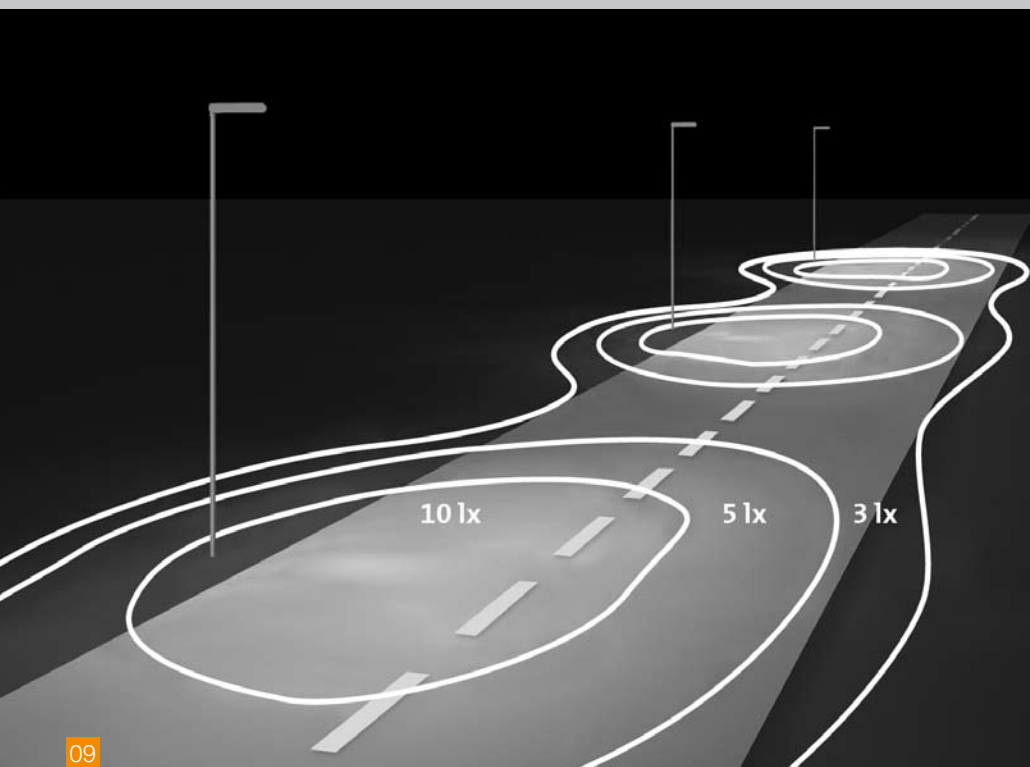
[06, 07] Durch das Abschalten jeder zweiten Leuchte entstehen sogenannte Tarnzonen, die eine große Unfallgefahr auf den Verkehrswegen darstellen. Durch das gleichmäßige Herunterregeln aller Leuchten können diese vermieden werden.

[08] Über die Grundparameter erfolgt die Zuordnung der Straßenart zu einer der Beleuchtungssituationen nach DIN EN 13201.



Beleuchtungssituationen nach DIN EN 13201

Situation	Geschwindigkeit des Hauptnutzers	Hauptnutzer	Andere zugelassene Nutzer	Ausgeschlossene Nutzer	Anwendungsbeispiele
A1	> 60 km/h	Motorisierter Verkehr		Langsam fahrende Fahrzeuge, Radfahrer, Fußgänger	Autobahnen und Kraftfahrstraßen
A2			Langsam fahrende Fahrzeuge	Radfahrer, Fußgänger	Höhergradige Landstraßen, ggf. mit separatem Rad- und Fußweg
A3			Langsam fahrende Fahrzeuge, Radfahrer, Fußgänger		Nachgeordnete Landstraßen
B1	30 km/h bis 60 km/h	Motorisierter Verkehr, langsam fahrende Fahrzeuge	Radfahrer, Fußgänger		Hauptverkehrsstraßen, Verbindungsstraßen, Sammelstraßen
B2		Motorisierter Verkehr, langsam fahrende Fahrzeuge, Radfahrer	Fußgänger		
C1	5 km/h bis 30 km/h	Radfahrer	Fußgänger	Motorisierter Verkehr, langsam fahrende Fahrzeuge	Radwege, Rad-/Fußwege
D1	5 km/h bis 30 km/h	Motorisierter Verkehr, Fußgänger		Langsam fahrende Fahrzeuge, Radfahrer	Autobahnrastanlagen
D2			Langsam fahrende Fahrzeuge, Radfahrer		Bahnhofsvorplätze, Busbahnhöfe, Parkplätze
D3		Motorisierter Verkehr, Radfahrer	Langsam fahrende Fahrzeuge, Fußgänger		Anlieger- und Wohnstraßen Zone 30 km/h-Straßen (meist mit Gehweg)
D4		Motorisierter Verkehr, langsam fahrende Fahrzeuge, Radfahrer, Fußgänger			Anlieger- und Wohnstraßen, Zone 30 km/h-Straßen (meist ohne Gehweg)
E1	Schrittgeschwindigkeit	Fußgänger		Motorisierter Verkehr, langsam fahrende Fahrzeuge, Radfahrer	Fußgänger- und Einkaufszonen, Fußwege
E2			Motorisierter Verkehr, langsam fahrende Fahrzeuge, Radfahrer		Fußgänger- und Einkaufszonen mit Lade- und Zubringerverkehr, verkehrsberuhigte Zonen (Spielstraßen)



Planungshilfe Beleuchtungsklassen

Die Checkliste „Planungshilfen zur Bestimmung der Beleuchtungsklassen“ hilft dem Planer, die zu recherchierenden Fakten für die Ermittlung der Beleuchtungsklasse zusammenzutragen. Unter 3 Hauptparametern werden hier die Anforderungen der unterschiedlichen Beleuchtungsklassen übersichtlich aufgelistet. Vor Benutzung der Checkliste sollte die Beleuchtungssituation A1 bis E2 (siehe Tabelle 08, Seite 11) ermittelt sein. Die Buchstaben A-E in Klammern geben an, welche Felder für welche Beleuchtungssituation relevant sind.

Basistabellen: Bewertungskriterien nach DIN 13201-1 und DIN EN 13201-2

- Durchschnittliches Verkehrsaufkommen,
- Kreuzungsdichte – viele Kreuzungen hintereinander erhöhen die Kollisionsgefahr,
- Schwierigkeitsgrad der Sehaufgabe, beispielsweise wenn, bedingt durch unterschiedliche Verkehrsteilnehmer und Geschwindigkeiten, die Auswertung der Informationsquellen mehr Aufmerksamkeit erfordert,
- Bauliche Maßnahmen zur Verkehrsberuhigung müssen sicher erkannt werden.

Zusatztabellen: Bewertungskriterien nach DIN 13201-1 und DIN EN 13201-2

In den Zusatztabellen werden weitere Bewertungskriterien zur Klassifizierung eines Verkehrsweges ermittelt, die gegebenenfalls zu höheren Anforderungen an die Beleuchtung führen können:

- Konfliktzonen (Kreuzungen, Kreisverkehr),
- Parkende Fahrzeuge am Fahrbahnrand,
- Visuelle Einflüsse im Gesichtsfeld (Werbeanlagen Medienfassaden, etc.),
- Leuchtdichte der Umgebung, beispielsweise eine Flutlichtanlage mit hoher Leuchtdichte auf einer benachbarten Sportanlage, wodurch die visuelle Wahrnehmung auf der Straße gestört werden könnte,
- Gesichtserkennung, um Absichten und Verhalten entgegenkommender Personen schnell einschätzen zu können,
- Kriminalitätsrisiko – hierbei wird die Kriminalitätsrate in der näheren Umgebung der Straße mit den Kriminalitätsraten in der weiteren Umgebung verglichen und in die Planung mit einbezogen.

Ergänzende Angabe nach DIN EN 13201-3 zur Berechnung der Straßenbeleuchtung

- Leuchtenhersteller, Leuchtentyp, Bestückung und Lichtstärkeverteilungskurven,
- Wartungsfaktor der Beleuchtungsanlage
- Angaben zur Geometrie der Straße, Straßenquerschnitt oder Lageplan mit Maßen
- Definition der Berechnungsflächen,
- Angaben zur Aufstellung der Leuchten, mit Abstandangabe zur Straße,
- Lichtpunkthöhe.

Wartungswert

Infolge von Alterung und Verschmutzung von Lampen, Leuchten und von vorhandenen Reflexionsflächen verringert sich die Beleuchtungsstärke beziehungsweise die Leuchtdichte mit zunehmender

Betriebszeit der Anlage. Der Wartungswert entspricht in diesem Zusammenhang dem Mittelwert der Beleuchtungsstärke, der nicht unterschritten werden darf. Um die Abnahme der Beleuchtungsstärke zu kompensieren, muss die Neuanlage mit einer höheren Beleuchtungsstärke dimensioniert werden (Neuwert). Bei der Lichtplanung wird diese Abnahme mit dem Wartungsfaktor erfasst und gemäß der Gleichung **Wartungswert = Wartungsfaktor x Neuwert** berücksichtigt.

Damit für die jeweilige Sehaufgabe der Mindestwert der Beleuchtungsstärke auch unter Betriebsbedingungen vorhanden ist, sind die in den einschlägigen Normen empfohlenen Beleuchtungsstärke- bzw. Leuchtdichtewerte als Wartungswerte definiert.

Wartungsfaktor

Bei der Lichtplanung wird von Anfang an ein Wartungsfaktor mit einberechnet, sodass eine normgerechte Beleuchtungsstärke während der gesamten Nutzungsdauer der Anlage gewährleistet ist. Ein Wartungsfaktor von 0,8 beispielsweise bedeutet, dass der anfängliche Lichtstrom von 100 Prozent bis zum Ende des Wartungsintervalls auf 80 Prozent zurückgehen wird. Der Wartungsfaktor (MF) setzt sich zusammen aus:

- Lampenlebensdauerfaktor (LSF)
Er beschreibt den Lampenausfall im Laufe der Nutzungsdauer,



- **Lampenlichtstrom-Wartungsfaktor (LLMF)**
Er beschreibt die Abnahme des Lampenlichtstroms im Laufe der Nutzungsdauer,
- **Leuchtenwartungsfaktor (LMF)**
Er beschreibt den Einfluss der Verschmutzung des optischen Systems der Leuchten. Entscheidend hierfür ist die Schutzart IP (Ingress Protection) der Leuchte und der Verschmutzungsgrad der Umgebung, sowie die festgelegten Reinigungsintervalle (praxisüblich sind vier Jahre),
- **Oberflächen-Wartungsfaktor (RSMF)**
Er beschreibt die Verringerung des Reflexionsgrades von Decke und Wänden, z. B. in Fußgängerunterführungen, Tunneln, etc.

$$MF = LSF \times LLMF \times LMF \times RSMF$$

Der Planer einer Beleuchtungsanlage muss grundsätzlich den Wartungsfaktor angeben und alle Annahmen aufführen, die zu dessen Bestimmung gemacht wurden. Ergänzend muss ein umfassender Wartungsplan erstellt werden, der sowohl ein Intervall für den Lampenwechsel als auch ein Intervall für die Reinigung der Leuchten bzw. die Reinigungsmethoden enthält.

[09, 10] Wichtiges Kriterium für eine normgerechte Beleuchtung ist die gleichmäßige Ausleuchtung der Straße und die Vermeidung von Dunkelzonen.

[11] Die Planungshilfe dient als Vorlage zur Bestimmung der notwendigen Fakten zur Ermittlung der Beleuchtungsklasse.

Planungshilfe zur Bestimmung der Beleuchtungsklasse Download unter www.licht.de/check-strasse

Parameter	Auswahlmöglichkeiten	Antworten
Fläche (Geometrie)		
Trennung der Richtungsfahrbahnen (A*)	ja	<input type="checkbox"/>
	nein	<input type="checkbox"/>
Art der Knotenpunkte (A)	Anschlussstelle	<input type="checkbox"/>
	Kreuzung	<input type="checkbox"/>
Abstand zwischen Anschlussstellen, Entfernung zwischen Brücken (A)	> 3km	<input type="checkbox"/>
	≥ 3km	<input type="checkbox"/>
Kreuzungsdichte (A, B)	< 3 Kreuzungen / km	<input type="checkbox"/>
	≤ 3 Kreuzungen / km	<input type="checkbox"/>
Konfliktzone (A, B)	ja	<input type="checkbox"/>
	nein	<input type="checkbox"/>
Bauliche Maßnahmen zur Verkehrsberuhigung (B, C, D)	ja	<input type="checkbox"/>
	nein	<input type="checkbox"/>
Verkehrsnutzung		
Verkehrsfluss Kraftfahrzeuge je Tag (A, B)	< 7.000 Fahrzeuge	<input type="checkbox"/>
	7.000 bis 15.000 Fahrz.	<input type="checkbox"/>
	15.000 bis 25.000 Fahrz.	<input type="checkbox"/>
	> 25.000 Fahrzeuge	<input type="checkbox"/>
Verkehrsfluss Radfahrer (C, D)	normal	<input type="checkbox"/>
	hoch	<input type="checkbox"/>
Verkehrsfluss Fußgänger (D, E)	normal	<input type="checkbox"/>
	hoch	<input type="checkbox"/>
Schwierigkeit der Fahraufgabe (A, B, D)	normal	<input type="checkbox"/>
	höher als normal	<input type="checkbox"/>
Parkende Fahrzeuge (A, B, D)	nicht vorhanden	<input type="checkbox"/>
	vorhanden	<input type="checkbox"/>
Gesichtserkennung (C, D, E)	nicht notwendig	<input type="checkbox"/>
	notwendig	<input type="checkbox"/>
Kriminalitätsrisiko (C, D, E)	normal	<input type="checkbox"/>
	höher als normal	<input type="checkbox"/>
Umgebungseinflüsse und äußere Einflüsse		
Komplexität des Gesichtsfeldes (A, B, D)	normal	<input type="checkbox"/>
	hoch	<input type="checkbox"/>
Leuchtdichte der Umgebung (A, B, C, D, E)	niedrig	<input type="checkbox"/>
	mittel	<input type="checkbox"/>
	hoch	<input type="checkbox"/>
Haupt-Wettertyp (A, B)	trocken	<input type="checkbox"/>
Anmerkung: In Deutschland wird üblicherweise der Haupt-Wettertyp „trocken“ gewählt	nass	<input type="checkbox"/>
* Jeweils angegeben sind die Beleuchtungssituationen, für die die Beurteilung des jeweiligen Parameters notwendig ist.		

Nachhaltigkeit und Umwelt

Scheint das Licht der Straßenbeleuchtung nachts ins Schlafzimmer, wird der Mensch in seiner Ruhephase gestört. Doch auch die Tier- und Pflanzenwelt reagiert sensibel auf künstliches Licht in ihrem nächtlichen Lebensraum. Moderne Beleuchtungsanlagen schaffen hier weitgehend Abhilfe.

Als „Lichtverschmutzung“ oder „Lichtsmog“ wird bei der Beleuchtung städtischer Ballungsräume die Lichtimmission bezeichnet, die nach oben strahlt und den Himmel erhellt. Künstliches Licht durch Straßenbeleuchtung, angestrahlte Bauwerke, Flutlichtanlagen und Leuchtreklame haben vielfältige Auswirkungen auf Mensch und Natur. Nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) werden Lichtimmissionen als schädliche Umwelteinwirkungen eingestuft, wenn sie durch ihre Art, Ausmaß oder Dauer Gefahren, erhebliche Nachteile oder Belästigungen für die Allgemeinheit herbeiführen. Deshalb ist es wichtig, diese Faktoren bereits bei der lichttechnischen Planung zu berücksichtigen.

In Deutschland geben bislang weder das Gesetz noch verwaltungsrechtliche Bestimmungen konkrete Grenzwerte für Lichtimmissionen in der öffentlichen Straßenbeleuchtung vor. Allerdings können Mess- und Bewertungsmethoden sowie die daraus abgeleiteten maximal zulässigen Werte der LiTG (Deutsche Lichttechnische Gesellschaft, Publikation Nr. 17/1998) für eine Bewertung der Lichtimmissionen herangezogen werden. Weitere Infos auf www.litg.de. Zudem wer-

den in der letztmalig 2012 aktualisierten "Richtlinie zur Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen" (Licht-Richtlinie) die Wirkungen von Lichtimmissionen auf Wohnräume durch Beleuchtungsanlagen zusammengefasst. Der Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI) hat diese den Umweltschutzbehörden zur Anwendung empfohlen. Einige Bundesländer haben dazu bereits „Licht-Richtlinien“ erlassen. Mehrere europäische Länder wie Tschechien, Slowenien, Italien und Spanien haben darüber hinaus bereits Gesetze zum Schutz des Nachthimmels verabschiedet.

Lichtimmissionen, die durch die Straßenbeleuchtung hervorgerufen werden, lassen sich durch den Einsatz moderner Straßen- und Außenleuchten effektiv reduzieren. Der Markt bietet in diesem Bereich eine große Anzahl geeigneter Leuchten an, die, mit energieeffizienten Lichtquellen (beispielsweise mit LEDs) und ausgefeilten Optiken bestückt, das Licht nur dorthin lenken, wo es auch wirklich gebraucht wird.

Lebensräume von Insekten schützen

Da künstliches Licht Insekten anlockt, werden diese empfindlich in ihrem natürlichen Lebensrhythmus gestört. Für die meisten

[12, 13] Eine nachhaltige und umweltverträgliche Beleuchtung ist durch Leuchten mit Reflektortechnik oder LEDs erreichbar. Das Licht kann damit ganz präzise dort hingebacht werden, wo es benötigt wird und unnötige Streuverluste werden vermieden.



nachtaktiven Insekten gilt, dass sie die spektrale Zusammensetzung und die Helligkeit des Lichts von Leuchtstofflampen und Quecksilberdampf-Hochdrucklampen deutlich stärker wahrnehmen als die Menschen. Auch das schwache Mondlicht, das Insekten vermutlich zur Orientierung nutzen, empfinden sie als deutlich heller. Das Licht von Natriumdampf-Hochdrucklampen dagegen nehmen sie als nicht so hell wahr, da die meisten Insekten gegenüber orangen und roten Spektralanteilen weniger empfindlich sind. Aufgrund der nicht vorhandenen UV-Strahlung ist aber auch LED-Licht als insektenfreundlich einzuordnen. Siehe dazu auch Grafik 14.

LED-Leuchten werden positiv bewertet

Im Zuge des Wettbewerbes „Kommunen in neuem Licht“ wurde, unterstützt durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), unter anderem die Akzeptanz der LED-Straßenbeleuchtung ermittelt. Im Vergleich mit der konventionellen Technik wurde die LED-Lösung in den Umfragen durchgehend bevorzugt. Es zeigte sich eine hohe Akzeptanz in der Bevölkerung, besonders im Hinblick auf Farbtreue, Helligkeits- und Sicherheitsempfinden.

Strom sparen – CO₂-Emissionen reduzieren

Mit jeder Kilowattstunde Strom, die eingespart wird, sinkt der Ausstoß der Kohlendioxid (CO₂)-Emission. Deshalb ist Energiesparen auch Klimaschutz. Die Europäische Kommission verfolgt diesbezüglich ehrgeizige Ziele: In ihrer Mitteilung „Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen

CO₂-armen Wirtschaft bis 2050“ untersucht sie neue Wege zur Senkung der Treibhausgasemissionen um 80 bis 95 Prozent.

Hohe CO₂-Einsparung durch LED

Das Beratungsunternehmen McKinsey legt in einer im August 2011 veröffentlichten Studie dar, dass Beleuchtungslösungen auf LED-Basis im Vergleich zu anderen Klimaschutzmaßnahmen bei künftigen Entwicklungen in der Lichtbranche das höchste CO₂-Einsparpotenzial bieten. Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass für die Einsparung von 1 Tonne CO₂ pro Jahr durch energieeffiziente LED-Beleuchtung nur ein Fünftel der Kosten anfallen, die aufgebracht werden müssten, wenn die gleiche Menge CO₂ durch den Einsatz von Solaranlagen eingespart werden würde.

Ökodesign-Richtlinie (ErP)

Am 20. November 2009 trat die ErP Richtlinie (Energy-related Products) - auch Ökodesign-Richtlinie genannt - in Kraft und ersetzt die vormalige EuP-Directive (Energy using Products). Sie legt Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte fest. Danach muss jeder Hersteller technische Informationen zu seinem Produkt in einer begleitenden Dokumentation sowie im Internet zur Verfügung stellen. Vorrangiges Ziel ist es, veraltete Leuchtstofflampen, Hochdruckentladungslampen (insbesondere Quecksilberdampf-Hochdrucklampen) sowie ineffiziente Vorschaltgeräte nach und nach vom Markt verschwinden zu lassen. Mit den aus dem Verkehr genommenen ineffizienten

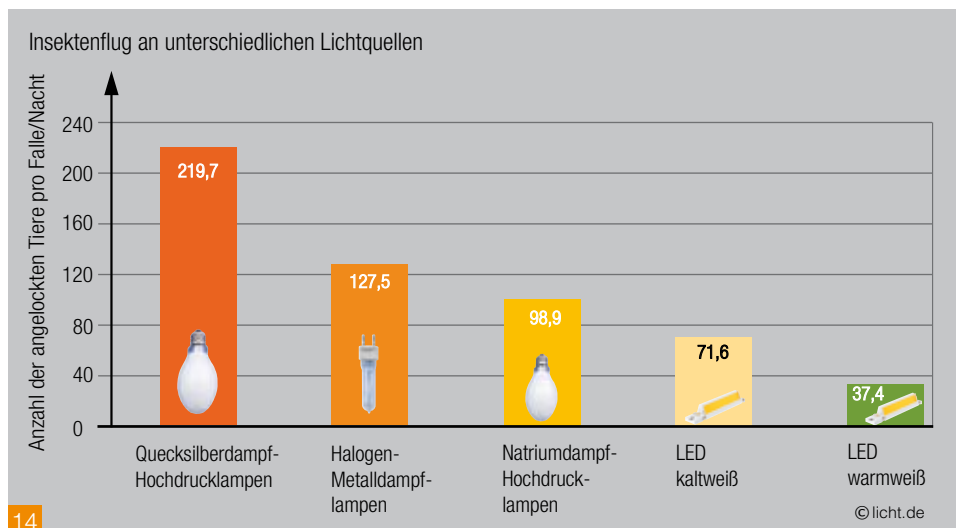
Leuchtstofflampen und Glühlampen sind die ersten Stufen dieser EU-Verordnung in Deutschland bereits umgesetzt. Für die Straßenbeleuchtung gelten besondere Anforderungen wie beispielsweise die ausschließliche Verwendung von Lampen mit hoher Lichtausbeute. Städte und Kommunen werden damit aufgefordert, veraltete Lichtanlagen auf energieeffiziente Technologien, beispielsweise LED, umzurüsten.

Wohin mit alten Lampen und Leuchten?

Das Elektro- und Elektronikgerätegesetz (ElektroG) regelt die Rücknahme und umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten. Zuständig sind dafür Hersteller/Importeure, die diese Aufgabe auch an Dritte übertragen können. Weiterführende Informationen gibt der ZVEI unter www.zvei.org. Ausgediente Lampen und Leuchten, die in der Straßenbeleuchtung eingesetzt waren, werden in Deutschland von dem Gemeinschaftsunternehmen Lightcycle Retourlogistik und Service GmbH (www.lightcycle.de) angenommen. Des Weiteren gibt es lokale Händler und Handwerksbetriebe, die sich an der fachgerechten Entsorgung beteiligen.

Schädliche Stoffe in Lampen

Mit der im Mai 2011 novellierten Fassung der RoHS-Richtlinie (Restriction of the use of certain Hazardous Substances) werden Hersteller von Beleuchtungskörpern in der EU verpflichtet, schädliche Stoffe wie Blei, Quecksilber, Nickel oder Cadmium nur in vorgegebenen, minimalen Mengen zu verwenden.



[14] Studie von Prof. Dr. Gerhard Eisenbeis zur Insektenverträglichkeit von LEDs im Vergleich zu herkömmlichen Lichtquellen. Untersucht wurde das Anflugverhalten von Insekten bei sechs unterschiedlichen Lichtquellen. Im Untersuchungszeitraum (Sommer 2011) in Frankfurt am Main wurden die getesteten Lichtquellen mit Insektenfanggefäßen versehen, täglich ausgeleert und die Ausbeute gezählt. Folgende Lampentypen wurden eingesetzt:

- Quecksilberdampf-Hochdrucklampen
- Halogen-Metallhalogenidlampen
- Natriumdampf-Hochdrucklampen
- LED kaltweiß
- LED warmweiß

Produktqualität

Außenleuchten sind Investitionsgüter und oft weit über 20 Jahre im Einsatz. Hier sollte unbedingt auf langlebige und hochwertige Produkte gesetzt werden, sonst wird das vermeintlich günstigere Produkt auf längere Sicht das deutlich teurere.

Wenn es darum geht, die richtige Leuchte für den gewünschten Verwendungszweck zu ermitteln, braucht der Planer zunächst einmal die konkreten Leistungsdaten der Leuchte: Lichtstrom, Leistungsaufnahme, Lebensdauer, Wartungsfaktor, erwarteter Lichtstromrückgang, Leuchtenbetriebswirkungsgrad bei konventionellen Leuchten beziehungsweise die Lichtausbeute in lm/W bei LEDs und die Möglichkeit einer Nachtabenkung. Entscheidend ist hierbei immer das „Gesamtsystem Leuchte“, nicht die einzelnen Komponenten.

Basis für die Produktauswahl: Kriterien für Qualitätsprodukte und Lichtqualität

- Hochwertiges Gehäusematerial (z.B. Aluminium, Einscheibensicherheitsglas, etc.).
- Hochwertige Lacke sowie eine geringe Anzahl an tragenden Kunststoffteilen.
- LED-Komponenten sollten auch nach einigen Jahren noch in gleicher Lichtqualität lieferbar sein.
- Auswechselbare Standardkomponenten.
- Gute Wärmeableitung bei LED-Leuchten; Das technische Datenblatt gibt Aufschluss über die maximal zulässigen Grenztemperaturen.

- Eine hohe Farbwiedergabe (R_a), je nach Anforderung durch die Nutzer.
- Konstante Lichtfarbe (in Kelvin) und konstantes Helligkeitsniveau beim Einsatz von mehreren Leuchten desselben Typs.
- Guter Wartungsfaktor MF (Maintenance Factor).
- Hohe Lichtausbeute der Leuchten. Diese sollte allerdings immer in Verbindung mit einer Lichtplanung beurteilt werden, denn nur so kann das abgegebene Licht auch in seinem Umfeld bewertet werden.
- Angemessene Lichtstärkeverteilung. Lichtstärkeverteilungskurven (Leuchten-datensätze) und planungsunterstützende Daten (z.B. EULUM-DAT) dienen hier als Entscheidungsgrundlage.
- Die Leistungsaufnahme der Leuchte und der zu erwartende Lichtstromrückgang. Für einen realistischen Produktvergleich muss auf identische Rahmenparameter geachtet werden.

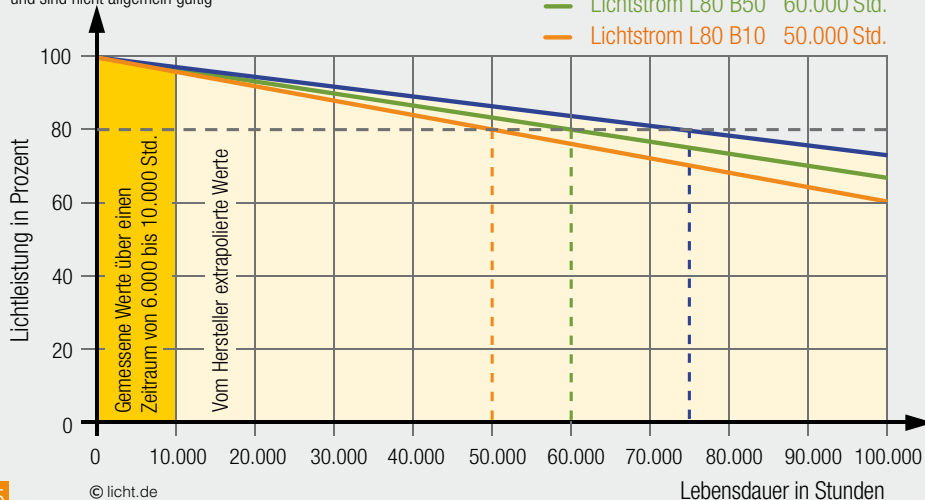
Thermomanagement

Bei LED-Leuchten ist ein gutes Thermomanagement unerlässlich. Nur wenn die LEDs beim Betrieb nicht zu heiß werden, können sie Ihre lange Nutzlebensdauer

[15] Zur Ermittlung der Lebensdauerangaben von LED-Leuchten und Komponenten werden Lichtströme und Ausfälle über 6.000 Stunden (LED-Leuchten) bzw. 10.000 Stunden (LED-Komponenten) gemessen. Die für das Produkt angegebene Lebensdauer wird aufgrund der gewonnenen Daten herstellerindividuell extrapoliert. Der Wert des Lichtstroms (L-Wert) muss immer in Verbindung mit der Betriebsdauer angegeben werden. Der B-Wert beschreibt den Zeitpunkt, bis zu dem ein bestimmter Prozentsatz der Bauteile ausgefallen ist. Beispiel: B50 bezeichnet den Zeitpunkt, an dem 50 Prozent einer Menge gleichartiger LED-Leuchten den deklarierten Lichtstromanteil (x) am Ende der Bemessungsdauer (L) unterschreiten. Wird kein B-Wert angegeben, gilt Lx B50. Dabei wird grundsätzlich die gesamte Leuchte bewertet, nicht nur ein Bauteil oder eine einzelne LED.

Lichtstromrückgang bei LEDs

Hinweis: Die hier angegebenen Werte dienen der Veranschaulichung und sind nicht allgemein gültig



und Energieeffizienz erreichen. Um die Wärme über eine möglichst große Fläche abführen zu können, wird die LED-Platine beispielsweise an das Leuchtengehäuse angebunden.

Binning

Bei der Produktion von LEDs kommt es auch innerhalb einer Charge immer wieder zu Abweichungen hinsichtlich Lichtstrom, Farbtemperatur und Vorwärtsspannung. Um eine konstante Lichtqualität mit gleichem Helligkeitsniveau und einheitlicher Lichtfarbe zu gewährleisten, wird über Klassifizierung und Sortierung (Binning) dafür gesorgt, dass alle LEDs einer Charge annähernd gleiche Werte aufweisen.

Herstellerbezogene Qualifikationskriterien

Eine Zertifizierung des Herstellers über DIN/ISO-9001 bestätigt qualitätsorientierte Entwicklungs-, Herstellungs- und Vertriebsprozesse sowie die Abwicklung von Reklamationen nach festgelegten Standards. Um eine hohe Produktqualität abzusichern und verlässliche Leistungsdaten zu ermitteln, sollte der Hersteller zudem über ein eigenes Labor oder einen kompetenten Dienstleister verfügen.

Wartungsfaktor und Verschmutzungsgrad

Der Wartungsfaktor der Leuchten (siehe auch Seiten 12-13) berücksichtigt ein Reinigungsintervall (praxisüblich sind vier Jahre). Er ist zudem abhängig vom

Verschmutzungsgrad der Umgebung, eingeteilt in folgende Bereiche:

- **Hoher Verschmutzungsgrad**
Rauch- und Staubwolken, z.B. in Industriegebieten.
- **Mittlerer Verschmutzungsgrad**
Bei hohem Verkehrsaufkommen mit mittlerer Rauch- und Staubbentwicklung.
- **Niedriger Verschmutzungsgrad**
Ausschließlich in Wohngebieten und ländlichen Regionen ohne Rauch- und Staubbbelastung.

Sicherheit, Garantie, Wartung

Bei der Auswahl des Leuchtenherstellers sollte unbedingt auf Qualität und Service geachtet werden. Der Hersteller muss die Sicherheit seiner Produkte nach den Vorgaben entsprechender europäischer Normen garantieren. Die Garantieerklärung sollte mit verbindlicher Herstellerverpflichtung und klarem Garantieinhalt versehen sein, da manche Herstellergarantien nur eingeschränkt gültig und beim Händlerwechsel nicht durchsetzbar sind. Deutschsprachige Montageanleitungen und Datenblätter für die sichere Installation und Beurteilung sind in Deutschland gesetzlich vorgeschrieben und müssen verfügbar sein.

Die Reparatur- und Wartungsfreundlichkeit der Leuchte sollten selbstverständlich sein. Service und Unterstützung vor und nach dem Kauf sorgen für einen konfliktfreien Betrieb der Beleuchtungsanlage

über viele Jahre. Eine technische und regionale Betreuung sowie persönliche Ansprechpartner und Schulungsmöglichkeiten sind darüber hinaus wünschenswert.

Entsorgung

Schon bei der Anschaffung sollte auch das Entsorgungskonzept zur Entscheidungsfindung mit einbezogen werden. Hersteller geben Informationen über Recyclingfähigkeit, einfache Demontage und Wertstofftrennung. Dabei sollte auch darauf geachtet werden, dass nur ein möglichst geringer Teil an Sonderabfall entsteht.



Der ZVEI Leitfaden „Planungssicherheit in der LED-Beleuchtung“ bietet weitere Informationen zum Thema Produktqualität. PDF-Download unter: www.zvei.org.



[16] Mit der „Ulbricht-Kugel“ wird der ungleichförmig verteilte Lichtstrom aus allen Richtungen gesammelt, um die Beleuchtungsstärke zu messen. Das Photometer im Inneren der Kugel misst die Beleuchtungsstärke in Lux bzw. den Lichtstrom in Lumen.

Lichtmanagement

Lichtmanagementsysteme ermöglichen Städten und Kommunen variable und intelligente Lichtlösungen für die Außenbeleuchtung. Damit können sie ganz flexibel auf das jeweilige Verkehrsaufkommen reagieren, Leuchten schalten oder dimmen und damit im Betrieb die Energiekosten deutlich minimieren.

Mit Lichtmanagementsystemen in der Außenbeleuchtung lassen sich beträchtliche Energieeinsparpotenziale erschließen. Jeder einzelne Lichtpunkt kann je nach Bedarf ein- und ausgeschaltet oder gedimmt werden. Zudem werden Informationen über Betriebszustand, Energieverbrauch und Ausfälle gesammelt und mit exakter Zeit- und Positionsangabe auf einem zentralen Rechner gespeichert. Betreiber von Straßenbeleuchtungsanlagen werden dabei unterstützt, die Sicherheit auf der Straße durch ein angepasstes Beleuchtungsniveau zu gewährleisten. Zudem werden ausgefallene Lichtpunkte direkt gemeldet. Vorausschauende Wartungskonzepte können schon im Vorfeld erstellt werden und unterstützen die Arbeitsabläufe.

sen und gleichzeitig die Verkehrssicherheit zu erhöhen. Bei höherem Verkehrsaufkommen, an Stellen mit erhöhter Unfallgefahr oder bei ungünstigen Witterungsbedingungen wird das Beleuchtungsniveau angehoben, in Zeiten mit geringem Verkehrsaufkommen gesenkt.

Lichtmanagementsysteme reduzieren eine bewusst geplante Überdimensionierung und dimmen beispielsweise eine 150 W-Leuchte auf die benötigte Leistung von 120 W. Durch dieses intelligente Eingreifen kann der Energieverbrauch verringert werden. Zudem werden die CO₂-Emissionen sowie die Wartungskosten reduziert und die Zuverlässigkeit verbessert.

Die Vorteile im Überblick:

- Energieeinsparung,
- Situationsgerechtes Lichtniveau,
- Weniger Treibhausgase,
- Effizientere Wartung,
- Verbesserung der Sicherheit, Schäden können schneller behoben werden.

Über geringere Energie- und Instandhaltungskosten hinaus ermöglichen moderne Lichtmanagementsystem-Lösungen (LMS)

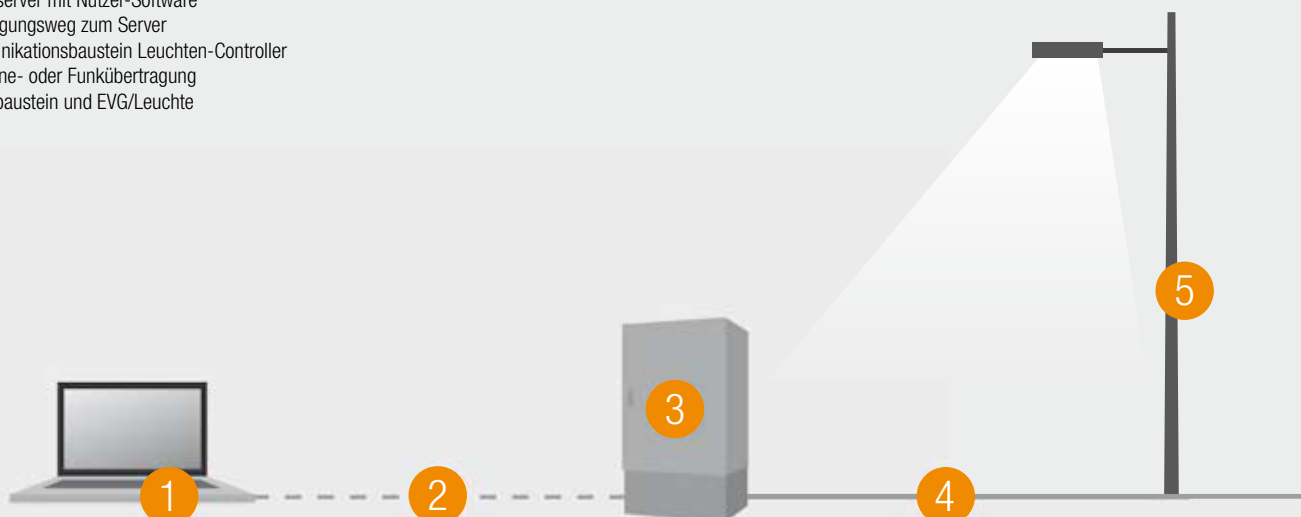
[17 - 20] Die Steuerungsmöglichkeiten der Straßenbeleuchtung sind vielfältig. Ob die Steuerung autark, per Powerline oder per Funk bewerkstelligt wird, muss der Betreiber für sich entscheiden. Vorteile bieten auf jeden Fall Systeme, die auch Rückschlüsse über Störungen oder Lampenausfälle zulassen.

Bedarfsorientierte Beleuchtung

Durch die immer weiter verbreitete Nutzung elektronischer Betriebsgeräte und moderner Lichtquellen ist die Beleuchtung flexibler geworden. Einzelne Lichtpunkte oder Gruppen lassen sich bedarfsorientiert digital schalten oder dimmen, um das Beleuchtungsniveau den tatsächlichen Erfordernissen anzupas-

Beispielhafte Komponenten für ein Lichtmanagementsystem mit Powerline oder Funk

- 1 Zentralserver mit Nutzer-Software
- 2 Übertragungsweg zum Server
- 3 Kommunikationsbaustein Leuchten-Controller
- 4 Powerline- oder Funkübertragung
- 5 Koppelbaustein und EVG/Leuchte



auch die Überwachung einzelner Lichtpunkte. Dadurch kann beispielsweise festgestellt werden, ob einzelne Leuchtmittel defekt sind und mit wie viel Leistung die Leuchte gerade betrieben wird. Die Industrie bietet Lichtmanagementsystem-Lösungen in verschiedenen Ausbaustufen an. Im Folgenden werden diese Möglichkeiten kurz dargestellt und Vor- und Nachteile miteinander verglichen.

Autarke Lichtsteuerung

Die einfachste Möglichkeit ist eine autarke Lichtsteuerung, bei der die Steuereinheit im Vorschaltgerät integriert ist. Bei dieser „Stand-Alone-Lösung“ sind keine zusätzlichen Steuerleitungen oder Steuergeräte notwendig. Technisch funktioniert das, indem eine sogenannte „Astro-Uhr“ verbaut wird, die bei der Programmierung mit Standortdaten versorgt wird. Die Beleuchtung kann sich dann gemäß den programmierten Zeiten und Helligkeitsniveaus selbstständig regeln. Je nach Funktionsumfang – der vom Leuchtentyp und Hersteller abhängig ist – lassen sich unterschiedliche Helligkeitsniveaus hinterlegen.

Der Vorteil der autarken Lichtsteuerung besteht darin, dass keine zusätzlichen Komponenten wie zentrale Steuergeräte und Steuerleitungen notwendig sind. Allerdings muss hier jedes Gerät einzeln programmiert werden. Sollten sich im Nachhinein Änderungen bei den Einstellungen ergeben, so

muss jede Leuchte direkt vor Ort durch einen Fachmann neu programmiert werden. Zudem erlaubt dieses System keine Rückschlüsse über ausgefallene Leuchtmittel etc.

Tele-Management-Systeme

Anders als bei der autarken Lichtsteuerung werden bei Tele-Management-Systemen die Leuchten von einer zentralen Steuereinheit geregelt. Jeder Lichtpunkt bekommt eine eigene Adresse zugewiesen, wodurch er exakt gesteuert und überwacht werden kann. Von der Steuerzentrale aus kann über eine Internetverbindung das Steuergerät angesteuert oder die Programmierung verändert werden. In der anderen Richtung können Informationen der Beleuchtungsanlage, wie beispielsweise Störungen, ausgewertet werden. Zur Datenübertragung zwischen Steuergerät und Leuchte bzw. EVG gibt es zwei unterschiedliche Verfahren: Erstens das Powerline-Verfahren und zweitens die Funklösung.

Powerline-Verfahren

Bei einer Lichtsteuerung über Powerline werden die Steuersignale über die vorhandenen Stromleitungen übertragen. Ein entsprechender Empfänger nimmt das Powerline Signal auf und wandelt es auslesbar um (z.B. DALI). Eine Ansteuerung funktioniert grundsätzlich nur mit elektronischen Vorschaltgeräten (EVG). Ein Kuppelungsmodul macht dabei die Signale für das EVG nutzbar. Erforderlich ist zudem ein

Steuergerät, das als Leuchten-Controller die Steuerbefehle ausgibt. Der Vorteil der Powerline Lösung liegt in einem Höchstmaß an Flexibilität und Sicherheit.

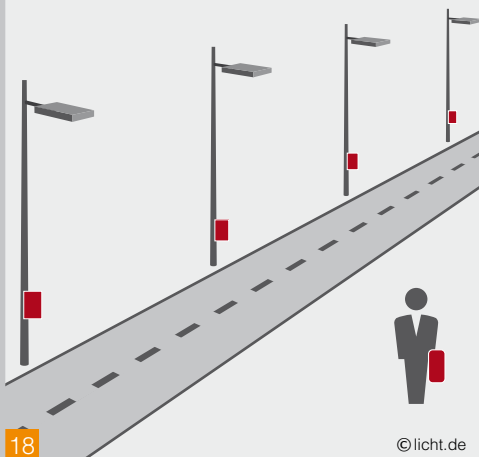
Funklösung

Im Gegensatz zum Powerline-Verfahren wird bei einer Funklösung das Steuerungssignal nicht über das Stromnetz, sondern per Funk übertragen. Das Prinzip ist dennoch sehr ähnlich. Auch hier wird ein Steuergerät benötigt, welches dann über Funktechnik die Signale an die Vorschaltgeräte überträgt. Wenn das Vorschaltgerät den Funkstandard nicht unterstützt, muss auch hier ein Koppler eingesetzt werden, der die Funksignale für das Vorschaltgerät übersetzt. Die Koppler dienen meist auch als Signalverstärker (Repeater), die die ankommenden Signale verstärken, sodass auch weit entfernte Lichtpunkte angesteuert werden können.

Die Datenübertragung, sowohl beim Powerline-Verfahren als auch bei der Funklösung, ist gleichermaßen zuverlässig und ermöglicht eine bidirektionale Kommunikation zwischen Steuergerät und Lichtpunkt. Neue Programmierungen können von einem zentralen Ort aus erledigt werden. Durch einen einheitlichen Standard ist der Einsatz zudem herstellerunabhängig. Allerdings ist die Technik relativ komplex, sodass Installation und Programmierung nur durch Fachbetriebe vorgenommen werden sollten.

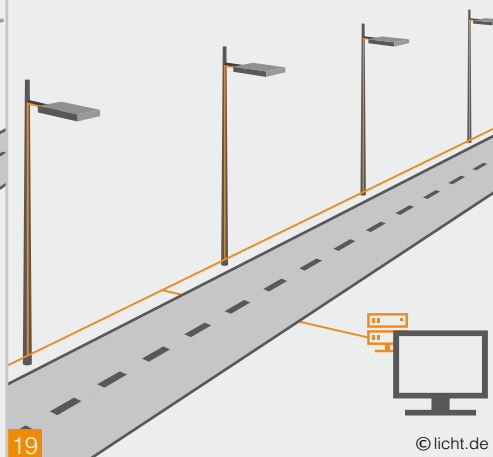
Autarke Lichtsteuerung

- Steuerung wird an jeder Leuchte direkt programmiert
- Steuerung nur vor Ort möglich
- Keine automatische Meldung von Lampenausfällen



Lichtsteuerung über Powerline-Verfahren

- Das vorhandene Stromnetz wird zur Steuerung genutzt
- Automatische Meldung von Lampenausfällen möglich
- Steuerung von einem zentralen Ort aus



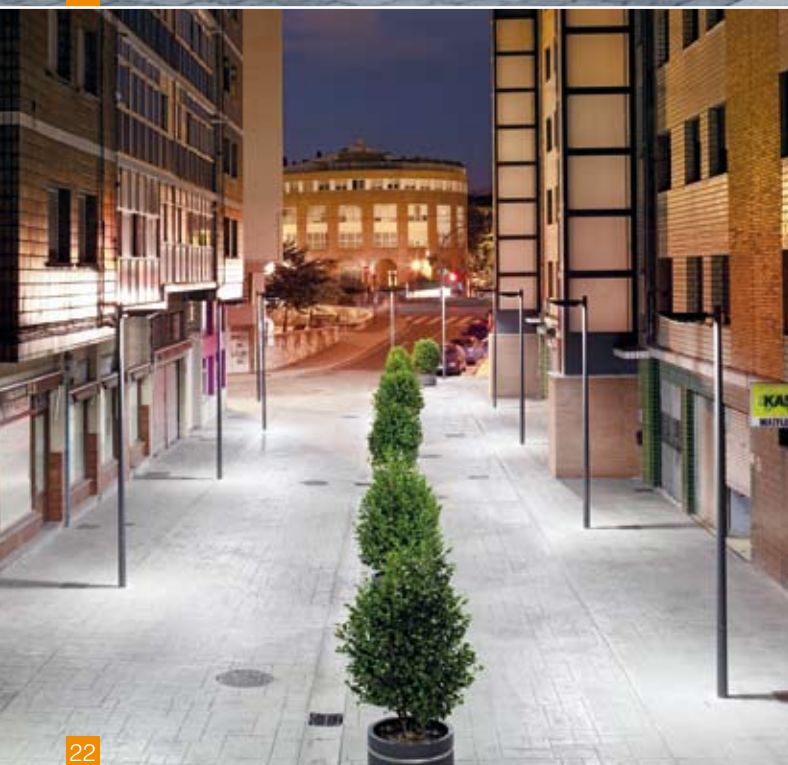
Lichtsteuerung über Funk

- Steuerungssignal wird per Funk übertragen
- Signalverstärker in den Leuchten erweitern das Netz
- Automatische Meldung von Lampenausfällen möglich
- Steuerung von einem zentralen Ort aus

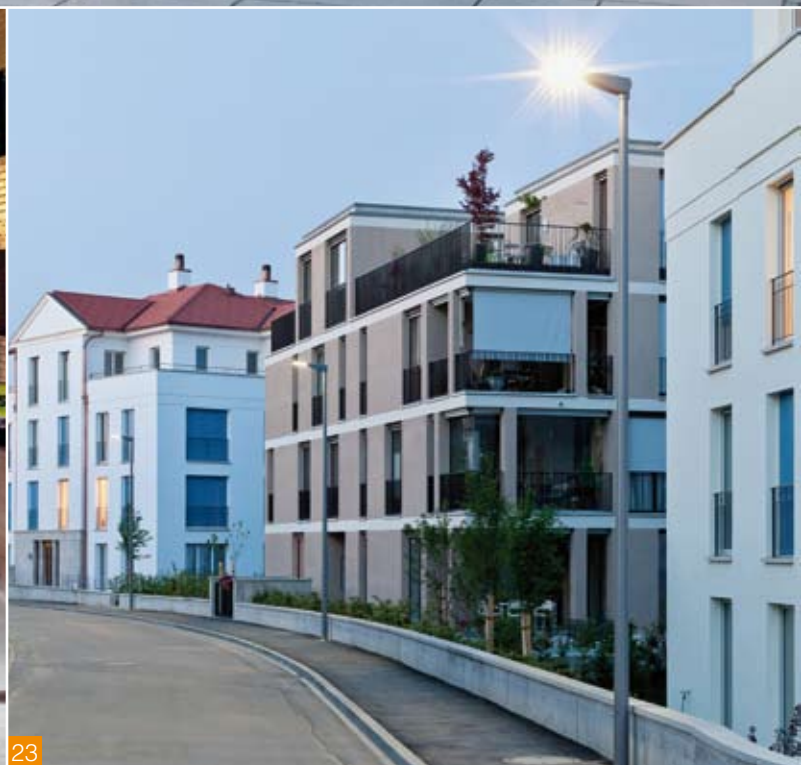




21



22



23

Nebenstraßen und verkehrsberuhigte Zonen

Die Beleuchtung von Anlieger- und Wohnstraßen mit Geschwindigkeiten bis 30 km/h muss in erster Linie die Belange der schwachen Verkehrsteilnehmer berücksichtigen, denn für sie ist die Unfallgefahr besonders groß. Im Fußgängerbereich sollten sich Passanten gut erkennen können um das Sicherheitsempfinden zu erhöhen.

Wenn es darum geht, die Reaktionsfähigkeit des Kraft- oder Radfahrers zu optimieren, ist – neben einer Geschwindigkeitsreduzierung – die richtige Beleuchtung gefordert. Durch ein ausreichend hohes und gleichmäßiges Beleuchtungsniveau werden Personen oder Gegenstände, die oft ganz unvermittelt auftauchen, schneller wahrgenommen und damit schwere Unfälle vermieden. Insbesondere bei Anlieger- und Wohnstraßen ohne Gehweg ist die Unfallgefahr besonders hoch.

Bewertet werden Anlieger- und Wohnstraßen über die mittlere und minimale horizontale Beleuchtungsstärke. Je nach gegebener Situation kann eine mittlere Beleuchtungsstärke von 2 bis 15 Lux erforderlich sein. Maßnahmen zur Verkehrsberuhigung, parkende Autos, Einstufung der Fahraufgabe – das sind typische Auswahlkriterien, die gesondert berücksichtigt wer-

den müssen. Aber nicht nur Licht auf der Fahrbahn ist wichtig, auch angrenzende Bereiche müssen ausreichend beleuchtet werden. Dabei muss aber auch berücksichtigt werden, dass die Wohnqualität der Anwohner nicht durch Lichtimmission beeinträchtigt werden darf. Moderne LED-Leuchten beispielsweise beleuchten nur den relevanten Bereich der Straße bzw. des Fahrrad- und Fußweges. Streulicht in Richtung der Fenster und Gärten von Anwohnern sowie eine Abstrahlung in Richtung Himmel werden damit auf ein Minimum reduziert.

Licht sorgt für mehr Sicherheit

In der Fürsorgepflicht der Kommunen gegenüber ihren Bürgern liegt neben der Verkehrssicherheit auch die Eindämmung des Kriminalitätsrisikos. Durch eine gute Beleuchtung wird das subjektive Sicherheitsempfinden von Passanten und Anwohnern erhöht. Das sichere Erken-

nen von Personen hilft zudem dabei, sich schneller auf Gefahrensituationen einzustellen und reagieren zu können. Täter scheuen grundsätzlich die Helligkeit aus Angst, erkannt zu werden. Eine mittlere Beleuchtungsstärke von 2 bis 15 Lux und eine halbzylindrische Beleuchtungsstärke von 0,5 bis 3 Lux, gemessen in einer Höhe von 1,5m über dem Boden, sorgt für das notwendige Maß an Sicherheit und Komfort.

[21, 22] Die Beleuchtung in verkehrsberuhigten Zonen sorgt für eine angenehme Stimmung und ein Gefühl von Sicherheit. Am Tag wird die Leuchte als Objekt im Raum wahrgenommen und kann so den Auftritt einer Stadt positiv beeinflussen.

[23, 24] Moderne, energiesparende LED-Straßenleuchten schonen die Umwelt und sind darüber hinaus auch noch besonders wartungsfreundlich.

Bewertungskriterien

Anlieger- und Wohnstraßen, Tempo 30 Zonen mit oder ohne Gehweg (Beleuchtungssituation D3 und D4 nach DIN 13201):

- Anlieger- und Wohnstraßen werden über die mittlere und minimale horizontale Beleuchtungsstärke bewertet.
- Je nach örtlicher Situation kann eine mittlere Beleuchtungsstärke von 2 Lux bis 15 Lux erforderlich sein.
- Zu berücksichtigende Auswahlkriterien sind Maßnahmen zur Verkehrsberuhigung, parkende Autos, Einstufung der Schwierigkeit der Fahraufgabe.
- Minimale Beleuchtungsstärke 0,6 Lux bis 3 Lux, um die erforderliche Gleichmäßigkeit zu erzielen.
- Eine angemessene halbzylindrische Beleuchtungsstärke von 0,5 bis 3 Lux erleichtert das Erkennen entgegenkommender Personen und dient der Eindämmung von Kriminalität.



Hauptverkehrsstraßen

Nachts vom Flugzeug aus gut zu erkennen, durchziehen Hauptverkehrsstraßen unsere Städte wie Adern den menschlichen Körper. Aus der Nähe betrachtet, ist eine gute Beleuchtung hier vor allem im Hinblick auf die Sicherheit aller Verkehrsteilnehmer gefordert.

Der Verkehr auf den Hauptverkehrsstraßen, Verbindungsstraßen und Sammelstraßen sowie in geschlossenen Ortschaften ist vor allem dadurch gekennzeichnet, dass viele ganz und gar unterschiedliche Hauptnutzer daran teilnehmen. Da ist das Schulkind, das auf den Bus wartet, der Arbeitnehmer, der im Auto oder mit dem Zweirad auf dem Weg zur Arbeit ist und der LKW, der die Supermärkte mit frischen Waren beliefert. Sie alle sind gleichermaßen darauf angewiesen, dass Straßen, Radwege und Bürgersteige gut beleuchtet sind, um von den anderen Verkehrsteilnehmern gut wahrgenommen zu werden und selbst Objekte und Hindernisse frühzeitig und sicher zu erkennen.

Für die Ermittlung und Berechnung einer guten und normgerechten Beleuchtung

sind vielfältige Kriterien zu beachten. Wird der Straßenraum beispielsweise von allen Verkehrsteilnehmern wie Autofahrern, Fahrradfahrern und Fußgängern gemeinsam benutzt, muss die Beleuchtung ganz anders bewertet und ausgeführt werden, als wenn eine Abtrennung durch Fahrradweg und Bürgersteig besteht. Entscheidend sind darüber hinaus aber auch die Übersichtlichkeit der Straße, die Ablenkung der Verkehrsteilnehmer durch Schaufenster, Leuchtreklame etc. und mit welcher Geschwindigkeit die Kraftfahrer unterwegs sind.

Für eine normgerechte Lichtplanung muss zunächst überprüft werden, welche besonderen Merkmale und Gegebenheiten vorliegen um eine korrekte Einstufung der lichttechnischen Anforderungen vorzunehmen.

Dazu sind folgende Fragen zu klären:

- Wer sind die Hauptnutzer?
- Gibt es bauliche Maßnahmen zur Verkehrsberuhigung?
- Behindern parkende Fahrzeuge die Sicht?
- Wie schwierig ist die Fahraufgabe?
- Gibt es Kurven oder Steigungen?
- Gibt es Konfliktzonen?
- Wie hoch ist die Kreuzungsdichte?
- Wie komplex ist das Gesichtsfeld?

Im Fall einer höheren lichttechnischen Anforderung bietet die DIN 13201-1 eine detaillierte Auswahlmatrix an, mit der das notwendige Beleuchtungsniveau ermittelt werden kann.

Das lichttechnische Bewertungskriterium für Hauptverkehrsstraßen ist, vom Standort des Betrachters aus gesehen, die



Fahrbahnleuchtdichte, die abhängig ist von der Position der Leuchten, dem Lichtstrom der Lampen, der Blendungsbegrenzung sowie den Reflexionseigenschaften der Straßenoberfläche.

Das Helligkeitsniveau angrenzender Rad- und Fußwege muss der Fahrbahnelligkeit der Straße angepasst sein, um eine Gleichmäßigkeit bei der Beleuchtung zu gewährleisten. Bei Straßen ohne angrenzende Verkehrsflächen sorgt ein ausgewogenes Verhältnis zur Umgebungs-Beleuchtungsstärke für eine bessere räumliche Orientierung.

[25-27] Eine gute Beleuchtung der Hauptverkehrsstraßen sorgt für Sicherheit. Das Beleuchtungsniveau muss sich am Bedarf der Nutzer orientieren und Konfliktzonen oder Gefahrenstellen besonders herausheben.



Bewertungskriterien

Hauptverkehrsstraßen, Verbindungsstraßen, Sammelstraßen
(Beleuchtungssituation B1 und B2 nach DIN 13201):

- Lichttechnisches Bewertungskriterium für Hauptverkehrsstraßen ist die mittlere Fahrbahnleuchtdichte. In Konfliktzonen, gekrümmten oder kurzen Straßenabschnitten wird ersatzweise die mittlere Beleuchtungsstärke und deren Gleichmäßigkeit herangezogen.
- Erforderlich ist, je nach örtlicher Situation, eine mittlere Leuchtdichte von 0,3 bis 2 Candela/m².
- Zu berücksichtigende Auswahlkriterien: Umgebungs-Beleuchtungsstärkeverhältnis, seitenwechselnde Parkbuchten, Einkaufsstraßen, Einstufung der Fahraufgabe.
- Die DIN 13201-1 enthält eine ausführliche Auswahlmatrix für höhere lichttechnische Anforderungen.
- Rand- und angrenzende Bereiche der Fahrbahn (z.B. Rad- und Gehwege) müssen eine ausreichende Beleuchtungsstärke, abhängig von der Mindestanforderung der Fahrbahnleuchtdichte, aufweisen.
- Grenzen keine Verkehrsflächen an die Fahrbahn an, muss auf ein ausgewogenes Beleuchtungsstärkeverhältnis zur Umgebung geachtet werden.
- Ergänzend sind weitere Parameter wie z.B. die Gesamt- und die Längsgleichmäßigkeit sowie die Schleierleuchtdichte zu berücksichtigen.





Bewertungskriterien

Autobahnen und Kraftfahrzeugstraßen (Beleuchtungssituation A1, A2, A3 nach DIN 13201):

- Lichttechnisches Bewertungskriterium für Autobahnen und Kraftfahrzeugstraßen ist die mittlere Fahrbahnleuchtdichte. Für den Eindruck der Fahrbahnelligkeit durch die Leuchtdichte sind folgende Faktoren von Bedeutung:
 - Standort des Betrachters
 - Reflexionseigenschaften der Straßenoberfläche
 - Anordnung der Leuchten
 - Lichtstärkeverteilung der Leuchten
 - Lichtstrom der Lampen
- Angemessene Gesamt- und Längsgleichmäßigkeiten der Lichtverteilung.
- Ausreichende Blendungsbegrenzung unter Berücksichtigung der zulässigen Schwellenwerterhöhung (TI).
- Das Umgebungs-Beleuchtungsstärkeverhältnis muss der mittleren Fahrbahnleuchtdichte angepasst sein, um eine bessere räumliche Orientierung zu ermöglichen.
- Rand- und angrenzende Bereiche der Fahrbahn (nur Beleuchtungssituation A2 und A3), z.B. Rad- und Gehwege, müssen durch ein ausreichendes Umgebungsbeleuchtungsstärke-Verhältnis an das Helligkeitsniveau der Straße angepasst sein.

Autobahnen und Kraftfahrzeugstraßen

Hohe Geschwindigkeiten erfordern besonders gute Sicht. Die drei Hauptkriterien einer sicherheitsfördernden und damit unfallreduzierenden Straßenbeleuchtung sind Helligkeit, Gleichmäßigkeit und Blendungsbegrenzung. Grundsätzlich gilt: Je heller die Straße, desto besser erkennt der Fahrer Hindernisse und gefährliche Situationen.

Auf Autobahnen, Schnellstraßen und Landstraßen sind hohe Geschwindigkeiten an der Tagesordnung. Es sind aber auch langsamere Verkehrsteilnehmer wie LKWs oder Fahrzeuge mit Anhängern auf diesen Straßen unterwegs. Daher muss die Straßenbeleuchtung hier die Fahrzeugführer bestmöglich bei ihren Sehaufgaben unterstützen, damit Verkehrsunfälle mit Personenschäden weitestgehend vermieden werden können.

Mehr Sicherheit wird vor allem dadurch erreicht, dass der Straßenverlauf sowie Gefahren und Hindernisse frühzeitig erkannt werden. Durch eine angemessene Fahrbahnelligkeit, eine gleichmäßige Ausleuchtung und die Vermeidung einer Blendung können die Betreiber viel für die Sicherheit tun.

Fahrbahnelligkeit

Entscheidend für eine gute Sicht ist vor allem die Fahrbahnelligkeit. Diese wiederum ist abhängig von unterschiedlichen Faktoren wie der Reflexionseigenschaft der Straßenoberfläche, dem Lichtstrom und der Anordnung der Leuchten sowie deren Lichtstärkeverteilung.

Gleichmäßigkeit

Eine gleichmäßig ausgeleuchtete Straße mit minimierten Schatten- und Dunkelzonen hilft den Verkehrsteilnehmern, sich nachts auf den Straßen sicher fortzubewegen. Steigt die Umfeldleuchtdichte durch helle Bereiche – beispielsweise durch Schaufenster, hell beleuchtete Fassaden oder Plätze – muss auch die Fahrbahnleuchtdichte entsprechend angepasst werden, damit Personen, Fahrzeuge und Gegenstände noch rechtzeitig wahrgenommen werden.

Einmündungen oder Gefahrenstellen müssen durch höhere Lichtstärken aus dem Umfeld optisch hervorgehoben und damit sicherer gemacht werden. Die Übergänge von hell beleuchteten zu weniger oder gar nicht beleuchteten, dunklen Straßenabschnitten sollten fließend sein, da das menschliche Auge etwas Zeit benötigt, um sich an die Dunkelheit zu gewöhnen. Anders herum, also von Dunkel nach Hell, erfolgt die Anpassung der Augen deutlich schneller.

Blendung vermeiden

Eine Blendung der Fahrer durch die Beleuchtungsanlage muss unbedingt ausgeschlossen werden. Bei der Blendungsbewertung wird von einer vorgegebenen Blickrichtung des Kraftfahrers ausgegangen. Die DIN EN 13201 regelt zudem die prozentual erlaubte Schwellenerhöhung TI (threshold increment). Sie stellt die Bewertungsgröße für die physiologische Blendung dar.

[28, 29] Autobahnauffahrten sind besonders unfallträchtige Bereiche. Mastleuchten mit einer hohen Lichtpunkthöhe sorgen für ein sicheres Einfädeln in den fließenden Verkehr.

[30] Beleuchtete Autobahnen in verkehrsreichen Zonen erleichtern den Fahrzeugführern die Orientierung und sorgen für mehr Sicherheit.

Fußgängerzonen und Plätze

Das Leben in der Stadt spielt sich vorwiegend auf Plätzen und in Fußgängerzonen ab. Hier will man sehen und gesehen werden. Hier laden Restaurants, Bars, Kinos und Geschäfte Bewohner und Touristen zum Einkaufen, Bummeln, Verweilen, Genießen und Entspannen ein.

Bei der Beleuchtung von innerstädtischen Bereichen wie Fußgängerzonen und Plätzen zählt einerseits die Funktion, die den Passanten Sicherheit bietet und bei der Orientierung behilflich ist. Andererseits soll eine einladende und reizvolle Atmosphäre erzeugt werden, die die Menschen in die Städte lockt und ihnen den Eindruck vermittelt, an einem attraktiven Ort zu sein und sich wohlfühlen. Wird durch akzentuiertes Licht beispielsweise ein Bauwerk, ein Kunstwerk oder einen Wahrzeichen hervorgehoben, dann setzt sich die Stadt ganz bewusst mit ihrer Geschichte, mit ihrer sozialen und kulturellen Verantwortung auseinander und schafft so ein positives „Stadt-Gefühl“. Durch helle, ansprechend gestaltete Plätze wird der Umsatz im Einzelhandel und in der Gastronomie gefördert und gleichzeitig das Kriminalitätsrisiko gesenkt.

In den Innenstädten sind Leuchten aber auch ein wichtiger Teil der Stadtarchitektur. Ob designorientiert und zurückhaltend oder schwungvoll verziert, die Leuchten prägen mit ihrer Erscheinung auch tagsüber das Stadtbild.

Umweltschutz

Auch das Thema Umweltschutz ist bei der Auswahl der richtigen Leuchten zu berücksichtigen. Wichtig ist die Minimierung von Streulicht – dem sogenannten „Lichtsmog“ – durch den Einsatz energieeffizienter und umweltschonender Leuchten und Leuchtmittel sowie durch die Wahl von Farbtemperaturen, die nachtaktive Insekten und Tiere weniger anziehen. Eine präzise Lichtlenkung verhindert Streulicht in Richtung Himmel und damit auch Licht, das unnötig und störend in Wohnungen und Wohnhäuser strahlt. Qualitätsleuchten mit moderner LED-Technik und intelligenter Steuerung reduzieren den Energiebedarf und die Betriebskosten.

Bei Veranstaltungen in Fußgängerzonen und auf Plätzen muss die Versammlungsstätten-Verordnung mit der darin geforder-

ten Sicherheitsbeleuchtung für Rettungswege, Ausgänge und Stufen beachtet werden.

Treppen und Stufen

Um Unfälle zu vermeiden, müssen Treppen und Stufen auch bei Dämmerung oder Dunkelheit gut wahrnehmbar sein. Wand-, Poller- oder Mastleuchten mit moderner Reflektortechnik ermöglichen es, das Licht vor allem auf Gefahrenzonen zu fokussieren. Sofern bauseitig möglich, empfehlen sich separate Stufenleuchten (Steplights), beispielsweise mit LED-Einbauleuchten.

Bewertungskriterien

Fußgänger- und Einkaufszonen, Fußwege, (Beleuchtungssituation E1 nach DIN 13201). Beleuchtungssituation E2 gilt, sofern in Fußgänger- und Einkaufszonen auch Lade- und Zubringerverkehr erlaubt ist, ebenso bei verkehrsberuhigten Zonen und Spielstraßen:

- Über das Auswahlverfahren der DIN 13201-1 und anhand der besonderen Entscheidungskriterien für Verkehrswege und -flächen können die jeweiligen Anforderungen an die Beleuchtung ermittelt werden.
- Lichttechnisches Bewertungskriterium für den reinen Fußgängerverkehr ist die mittlere horizontale Beleuchtungsstärke. Der Wartungswert sollte hier 2 Lux bis 20 Lux betragen. Im Bewertungsfeld müssen mindestens 0,6 Lux bis 5 Lux, bzw. eine Gleichmäßigkeit von 0,4 (bei 20 Lux) erreicht werden.
- Eine gute Wahrnehmung von Personen und deren Gesichtern kann durch eine angemessene minimale halbzylindrische Beleuchtungsstärke von 0,5 Lux bis 5 Lux erreicht werden.
- Hinweise zur Beleuchtung von Treppen, beispielsweise auf Bahnhöfen, finden sich in der DIN EN 12464-2. Bei gelegentlich benutzten Treppen genügen 5 Lux, bei stark frequentierten Treppen hingegen sind bis zu 100 Lux vorgeschrieben. Die Gleichmäßigkeit muss mindestens 0,25 bis 0,50 betragen.

[31] In den Abend- und Nachtstunden erwacht der 2013 vom Deutschen Lichtdesignpreis ausgezeichnete Universitätsplatz in Fulda mit seiner zonalen Beleuchtung zu neuem Leben und einer ganz besonderen Aufenthaltsqualität. Durch die konsequente Fassadenbeleuchtung aller Gebäude wurden die vertikalen Flächen betont und ein angenehmes Raumgefühl geschaffen.

[35] In Fußgängerzonen will man einkaufen, gemütlich einen Kaffee trinken oder einfach nur bummeln. Die richtige Beleuchtung sorgt dafür, dass Sicherheit und eine gute Orientierung auch bei Dunkelheit gewährleistet sind.



31



32



33



34

Varianten der Platzbeleuchtung

Sicherheit vermitteln [32]: Ein Lichtteppich durch am Rand platzierte Leuchten hellt den Platz gleichmäßig auf und sorgt dafür, dass Personen gut wahrgenommen werden können und sich sicher fühlen. Blendung wird vermieden, indem die Lichtpunkthöhe außerhalb des Gesichtsfelds der Passanten angeordnet ist.

Atmosphäre schaffen [33]: Vielfältige, zonal zusammengefasste und niedrig angeordnete Lichtpunkte sorgen für eine spannungsreiche und angenehme Atmosphäre. Besonderheiten wie Bäume oder Denkmäler werden durch helle Zonen betont und üben damit eine besondere Anziehungskraft auf die Passanten aus. In diesem Beispiel bleiben die Fassaden der umgebenden Gebäude aufgrund der Lichtpunkthöhe im oberen Teil dunkel und treten zurück.

Licht Inszenieren [34]: Die Fassaden der Gebäude am Rande des Platzes und örtliche Besonderheiten wie Brunnen oder Denkmäler werden gezielt durch Licht inszeniert. Architektonische Elemente an den Fassaden werden damit detailliert herausgearbeitet. Der Platz als Fläche tritt in diesem Fall zurück und wird vor allem über die Anstrahlung der Wände beleuchtet. Einzelne Lichtpunkte und helle Zonen sorgen für eine spannende Lichtstimmung und lenken den Blick des Betrachters.



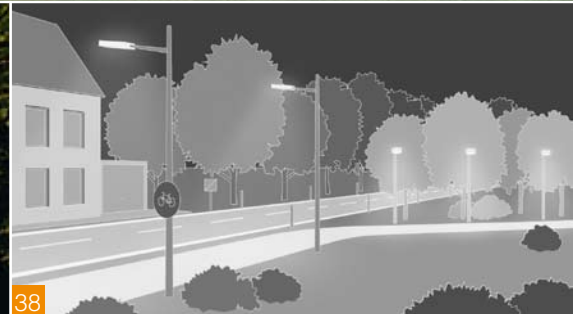
35



36



37



38

Licht für Radwege

Eine gute Beleuchtung von Radwegen [38] reduziert die Unfallgefahr bei Dämmerung oder Dunkelheit deutlich. Fahrradfahrer müssen andere Verkehrsteilnehmer, Fußgänger und Hindernisse frühzeitig erkennen können, um Kollisionen zu vermeiden. Innerhalb geschlossener Ortschaften übernimmt die Beleuchtung des Fahrradweges oft die allgemeine Straßenbeleuchtung. Sie muss allerdings eine entsprechend breitstrahlende Lichtverteilung aufweisen, um Dunkelzonen zu verhindern. Fahrradwege abseits von Verkehrsstraßen, in Parks oder Grünanlagen benötigen eine eigenständige und auf die Anforderungen der Fahrradfahrer zugeschnittene Beleuchtungslösung. Diese vereinfacht die Orientierung, kennzeichnet Wege und lässt auch deren Beschaffenheit leichter erkennen. Bei den Leuchten ist auf die passende Lichtpunkthöhe, Lichtfarbe und Lichtlenkung zu achten. Die normativ erforderlichen Beleuchtungsstärken sind rechts unter Bewertungskriterien im letzten Punkt zu finden.



Parks und Grünanlagen

Parks und Grünanlagen stehen für Attraktivität und Lebensqualität in Städten und Kommunen. Die Beleuchtung sorgt hier für stimmungsvolle Inszenierungen, hilft bei der Orientierung und sorgt für Sicherheit.

Parks und Grünanlagen werden auch als „grüne Lunge“ der Stadt bezeichnet. Über den ökologischen Aspekt hinaus erfüllen die Grünflächen aber auch eine wichtige emotionale Funktion. Sie laden zur Entspannung und zu Aktivitäten ein und verbessern die Lebensqualität in einer durch Bauwerke und Straßen dominierten Umgebung.

Das Sicherheitsgefühl verbessern

Wenn es dunkel wird, kann sich das positive Lebensgefühl in Parks und Grünanlagen sehr schnell ins Gegenteil verwandeln. Wer kennt es nicht, das unangenehme Gefühl, bei Dämmerung oder nachts durch einen schlecht beleuchteten Park nach Hause gehen zu müssen. Die künstliche Beleuchtung kann sicherlich nicht das gleiche Sicherheitsgefühl wie am Tag vermitteln, dennoch kann sie einiges leisten, damit sich der Nutzer auch in den Abend- und Nachtstunden sicher bewegen kann und auch entgegenkommende Personen einzuschätzen vermag. Hier hilft eine normgerechte, halbzyklindrische Beleuchtungsstärke, die die Gesichter plastisch erkennbar macht (siehe hierzu auch den grauen Kasten zu den Bewertungskriterien sowie die Grafik 53 auf Seite 39).

Hindernisse müssen erkennbar sein


Eine Beleuchtung, die den Wegeverlauf in Parks nachzeichnet, verbessert die Orientierung und hilft dabei, sich schneller zurechtzufinden. Damit Fußgänger,

Fahrradfahrer, Skater oder Kickboarder die Beschaffenheit der Wege, Hindernisse oder Niveauunterschiede erkennen können, sollten diese im Bewertungsfeld eine Beleuchtungsstärke von mindestens 0,6 Lux bis 8 Lux aufweisen.

Emotionale Ansprache der Besucher Dekorative Funktion der Leuchten

Die dekorative Beleuchtung in städtischen Parks und Grünanlagen nimmt eine wichtige Funktion im modernen Stadtmarketing ein. Besucher werden emotional angesprochen und können städtische Lebensqualität auch abends und nachts erleben, denn wenn Bäume, Mauern, Skulpturen, Wasserspiele und Bauwerke beleuchtet werden, entstehen ganz besondere Lichtstimmungen. Die Lichtakzente heben diese Besonderheiten durch eine höhere Leuchtdichte aus der Umgebung hervor und ziehen die Blicke an.

Tagsüber übernehmen die Leuchten eine rein dekorative Funktion. Auch diese ist hoch zu bewerten und prägt den Stil der Umgebung. Die Formsprache eines klaren, schlichten Designs beispielsweise passt sicherlich nicht in einen Barockgarten, aber sehr wohl in einen klar strukturierten Park.

 Im licht.de Heft 16 „Stadtmarketing mit Licht“ finden sich vielfältige Beispiele dafür, wie das Stadtbild durch die Beleuchtung aufgewertet werden kann.

Bewertungskriterien

Für Parks und Grünanlagen gelten die Beleuchtungssituationen E1 (nach DIN EN 13201-1), wenn kein motorisierter Verkehr zugelassen ist, und E2 (nach DIN EN 13201-1), wenn Fahrräder und langsam fahrende Fahrzeuge erlaubt sind:

- Bei reinem Fußgängerverkehr gilt als lichttechnisches Bewertungskriterium die mittlere horizontale Beleuchtungsstärke. Der Wartungswert sollte hier zwischen 2 Lux (E1) bzw. 3 Lux (E2) und 20 Lux liegen. Im Bewertungsfeld müssen mindestens 0,6 Lux bis 5 Lux, bzw. eine Gleichmäßigkeit von 0,4 (bei 20 Lux) erreicht werden.
- Das Beleuchtungsniveau dieser Anlagen richtet sich auch nach der Umgebungshelligkeit.
- Sind die Gehwege mit Treppen oder Stufen versehen oder weisen die Gehwege Unebenheiten auf, ist ein höheres Beleuchtungsniveau notwendig.
- Die halbzyklindrische Beleuchtungsstärke sollte mindestens 0,5 Lux bis 5 Lux betragen, um Personen und deren Gesichter frühzeitig erkennen zu können. Maßgeblich ist der Wert 1,5 m über dem Boden.
- Für Radwege gilt nach DIN 13201-1 die Beleuchtungssituation C1. Je nach Umgebungshelligkeit und Verkehrsaufkommen beträgt der Wartungswert der mittleren horizontalen Beleuchtungsstärke 2 Lux bis 15 Lux. Im Bewertungsfeld muss die minimale Beleuchtungsstärke mindestens 0,6 Lux bis 3 Lux betragen.

[36] Durch eine akzentuierende Beleuchtung werden Pflanzen und Wasserspiele nachts ganz besonders in Szene gesetzt.

[37] Beleuchtung sorgt für Sicherheit, besonders in Parks und in dunklen Bereichen. Durch eine hohe halbzyklindrische Beleuchtungsstärke lassen sich Personen und Gesichter schneller und besser erkennen.



39

Bahnhofsvorplätze, Busbahnhöfe und Parkplätze

Diese Orte vermitteln oft den ersten Eindruck, den Besucher von einer Stadt bekommen. Dem Anspruch an die Visitenkarte einer Kommune werden sie aber nicht immer gerecht. Mit dem richtigen Licht gewinnen die Schnittstellen von öffentlichem und individuellem Verkehr an Attraktivität und Sicherheit.

Auf das Ziel, den öffentlichen Nahverkehr attraktiver zu machen, können sich selbst unterschiedlichste Fraktionen einer Bürgerschaft meist einigen. Aber dazu müssen nicht nur Preise und Fahrpläne stimmen, sondern auch die dazugehörigen städtischen Räume wie Bahnhofsvorplätze oder Busbahnhöfe ästhetisch, sicher und funktional beleuchtet sein. Für eine gute Orientierung von Fahrgästen und Fahrern sollte sich die gesamte Anlage durch eine eigenständige Beleuchtung vom Umfeld abheben. Die Haltebereiche lassen sich zusätzlich mit Licht markieren, insbesondere sollten die unterschiedlichen Trittebenen für einen sicheren Ein- und Ausstieg gut unterscheidbar sein.

Für die Aufenthaltsqualität auf Bahnhofsvorplätzen und Busbahnhöfen ist auch das subjektive Sicherheitsgefühl bedeutsam, insbesondere hinsichtlich des Kriminalitätsrisikos. Je nach Risikoeinstufung ist gegebenenfalls ein höheres Beleuchtungsniveau erforderlich. Die Wahrnehmung und Erkennbarkeit von Gesichtern

wird durch eine minimale halbzyklindrische Beleuchtungsstärke von 1,5 Lux bis 5 Lux erleichtert. Ob im Laufe der Nachtstunden die Beleuchtungsstärke zur Energieeinsparung abgesenkt wird, muss mit dem Risiko krimineller Übergriffe abgewogen werden. In der Regel fallen Bahnhofsvorplätze und Busbahnhöfe als Beleuchtungssituation in die Norm-Klassifikation D1/D2 – mehr dazu im grauen Kasten.

Parkplätze: Unfallprävention hat Priorität

Noch stärker steht auf Parkplätzen, wo sich Autofahrer und Fußgänger begegnen, die Verkehrssicherheit und Unfallprävention im Vordergrund. Auch hier dient die Beleuchtung der Orientierung, sie unterstützt bei der Parkplatzsuche ebenso, wie beim Finden des abgestellten Fahrzeugs zu später Stunde. Die Beleuchtung muss ausreichende Sichtverhältnisse schaffen, um Kollisionen zwischen fahrenden und geparkten Autos, Fußgängern und Hindernissen wie Bäumen oder Absperrpollern zu vermeiden. Besondere Gefahrenstellen entstehen an



40

Ein- und Ausfahrten sowie überall dort, wo sich die Ströme der unterschiedlichen Verkehrsteilnehmer begegnen. Sie lassen sich durch entsprechende Anordnung der Leuchten hervorheben. Sicherheit vor Kriminalität ist auch auf Parkplätzen ein Thema: Ausreichendes Beleuchtungsniveau mit hohen vertikalen Lichtanteilen beugt Fahrzeugeinbrüchen und -diebstählen vor und senkt das Risiko von Überfällen.

LED-Technik bringt Vorteile

Auch in diesen Beleuchtungssituationen bewähren sich die Vorteile von Leuchten mit LED-Technik: Sie verringern die Lichtverschmutzung, bieten flexible Lichtverteilungen, sind von Haus aus hocheffizient und lassen sich zudem per Lichtmanagement nutzungsgerecht in ihrer Helligkeit und damit im Stromverbrauch regeln. Typisch sind Mastleuchten mit Lichtpunkthöhen von bis zu 4,5 Metern auf kleinen und bis zu 12 Metern auf größeren Parkplätzen.

[39, 40] Ein angehobenes Beleuchtungsniveau sorgt für ein höheres Sicherheitsgefühl und eine bessere Orientierung der Fahrgäste auf Busbahnhöfen, Bahnhofsvorplätzen und Parkplätzen.



41



42

Bewertungskriterien

Busbahnhöfe und Bahnhofsvorplätze [41], (Beleuchtungssituation D2 nach DIN 13201):

- Über das Auswahlverfahren der DIN 13201-1 und anhand spezifischer Entscheidungskriterien für Verkehrswege und -flächen werden die jeweiligen Anforderungen an die Beleuchtung ermittelt.
- Lichttechnisches Bewertungskriterium für Busbahnhöfe und Bahnhofsvorplätze ist die mittlere horizontale Beleuchtungsstärke. Der Wartungswert muss 7,5 Lux bis 20 Lux betragen. Im Bewertungsfeld müssen mindestens 0,6 Lux bis 7,5 Lux erreicht werden.
- Eine gute Wahrnehmung von Personen und deren Gesichtern wird durch eine angemessene halbzylindrische Beleuchtungsstärke von 1,5 Lux bis 5 Lux erreicht.
- Für die Treppenbeleuchtung in öffentlichen Außenbereichen, wie beispielsweise an Bahnhöfen, wird die DIN EN 12464-2 zur Beleuchtung von Arbeitsstätten herangezogen. Bei gelegentlich benutzten Treppen genügen 5 Lux, bei stark frequentierten Treppen hingegen sind bis zu 100 Lux vorgeschrieben. Die Gleichmäßigkeit muss mindestens 0,25 bis 0,50 betragen.

Parkplätze [42] (DIN EN 12464-2 bzw. Beleuchtungssituation D2 nach DIN 13201):

Folgende Vorgaben für den Wartungswert der mittleren horizontalen Beleuchtungsstärke auf Parkplätzen sind gegeben:

- Vorgaben nach DIN EN 12464-2:
 - 5 Lux ($U_0 \geq 0,25$) bei geringer Verkehrsstärke
 - 10 Lux ($U_0 \geq 0,25$) bei mittlerer Verkehrsstärke
 - 20 Lux ($U_0 \geq 0,25$) bei hoher Verkehrsstärke
- Vorgaben nach DIN EN 13201:
 - 5 Lux ($E_{min} > 1$ Lux) für z.B. S4-Beleuchtungsklasse
 - 10 Lux ($E_{min} > 3$ Lux) für z.B. S2-Beleuchtungsklasse
 - 20 Lux ($U_0 > 0,40$) für z.B. CE2-Beleuchtungsklasse
- Eine gute Wahrnehmung von Personen und deren Gesichtern wird durch eine angemessene minimale halbzylindrische Beleuchtungsstärke von 1 Lux bis 5 Lux erreicht.

Fußgängerüberwege und Querungshilfen

Strenge Normen für die Beleuchtung sorgen dafür, dass wir am Fußgängerüberweg auch nachts sicher die Straße überqueren können: Eine Zusatzbeleuchtung mit hohem Vertikalanteil ist obligatorisch – und bewährt sich auch bei reinen Querungshilfen, für die die Vorschriften weniger strikt sind.

Der „Zebrastrifen“, wie der Fußgängerüberweg umgangssprachlich heißt, ist ein Kind des Wirtschaftswunders. Mit dem ansteigenden Autoverkehr erwuchs auch die Notwendigkeit, Fußgängern an markierten Stellen das gefahrlose Queren der Straße zu ermöglichen. Die Beschaffenheit der Fußgängerüberwege ist gesetzlich sehr genau geregelt: Nicht nur hinsichtlich der Markierung auf der Straße und mit Zeichen 293 der Straßenverkehrsordnung (StVO), sondern auch hinsichtlich der Beleuchtung – denn die Sicherheit der querenden Fußgänger soll selbstverständlich auch bei Dunkelheit gewährleistet sein. Es gelten dafür bundeseinheitlich die „Richtlinien für die Anlage und Ausstattung von Fußgängerüberwegen – R-FGÜ 2001“.

Vertikale Beleuchtungsanteile notwendig

Während Fußgängerüberwege, die über eine Lichtzeichenanlage – sprich Fußgängerampel – verfügen, beleuchtungstechnisch als sogenannte Konfliktzone im Straßenraum betrachtet und entsprechend beleuchtet werden, sind an den mit Zeichen 293 markierten Überwegen besondere Regeln zu beachten. Hier müssen Fußgänger auch bei Dunkelheit oder regennasser Fahrbahn aus beiden Fahrtrichtungen gut erkennbar sein – und zwar sowohl auf dem Überweg selbst als auch bereits auf der Wartefläche am Straßenrand: Es ist daher meist eine zusätzliche, ortsfeste Beleuchtung notwendig, deren Ausführung in den Normen DIN 13201 und DIN 67523 festgelegt ist.

Man benötigt vor allem vertikale Beleuchtungsanteile, um Personen hell vom Hintergrund abzuheben. Dazu werden asymmetrisch abstrahlende Leuchten für Fußgängerüberwege so angeordnet, dass Überweg und Warteflächen aus der jeweiligen Fahrtrichtung beleuchtet werden. Ein Kontrast in der Lichtfarbe zur restlichen Straßenbeleuchtung erhöht die Aufmerksamkeit zusätzlich:

Umgesetzt in der Vergangenheit zunächst mit monochromatisch gelben Natriumdampf-Niederdrucklampen, dann mit Natriumdampf-Hochdrucklampen, lassen sich diese Anforderungen heute mit entsprechenden LED-Fußgängerüberweg-Leuchten effektiv und nachhaltig umsetzen. Eine Nachtabstimmung der Zusatzbeleuchtung ist grundsätzlich nicht zulässig. Verzichtet werden kann auf eine derartige Hervorhebung des Überweges durch Licht gemäß der Vorschriften nur dann, wenn beiderseits des Fußgängerüberweges über eine längere Strecke und alle Dunkelstunden hinweg mindestens die Vorgaben der Beleuchtungskategorie ME2 umgesetzt sind.

Querungshilfen beleuchten: Kein Muss, aber sehr sinnvoll

Wo im Straßenraum die Voraussetzungen für die Einrichtung eines „richtigen“ Fußgängerüberwegs nicht gegeben sind, können sogenannte Querungshilfen die Fußgänger beim Überqueren der Straße unterstützen. Dazu zählen Maßnahmen wie die Verengung der Fahrbahn durch Vorziehen der Seitenräume, Teilaufpflasterungen oder Fahrbahnteiler. Eine Beleuchtungspflicht besteht hier nicht, aber laut den „Empfehlungen zur Beleuchtung von Fußgänger-Querungshilfen“ des DIN-Normenausschusses FNL 11 verbessert eine Ausleuchtung gemäß DIN EN 13201 die Wahrnehmung dieser Zonen für alle Verkehrsteilnehmer.

[43] Für Kinder und Jugendliche sowie für ältere Menschen sind Fußgängerüberwege besonders wichtige Einrichtungen. Eine normgerechte Beleuchtung schützt gerade bei Dämmerung oder in Dunkelstunden vor schweren Unfällen.



43

Normative Richtwerte und Vorgaben für Fußgängerüberwege

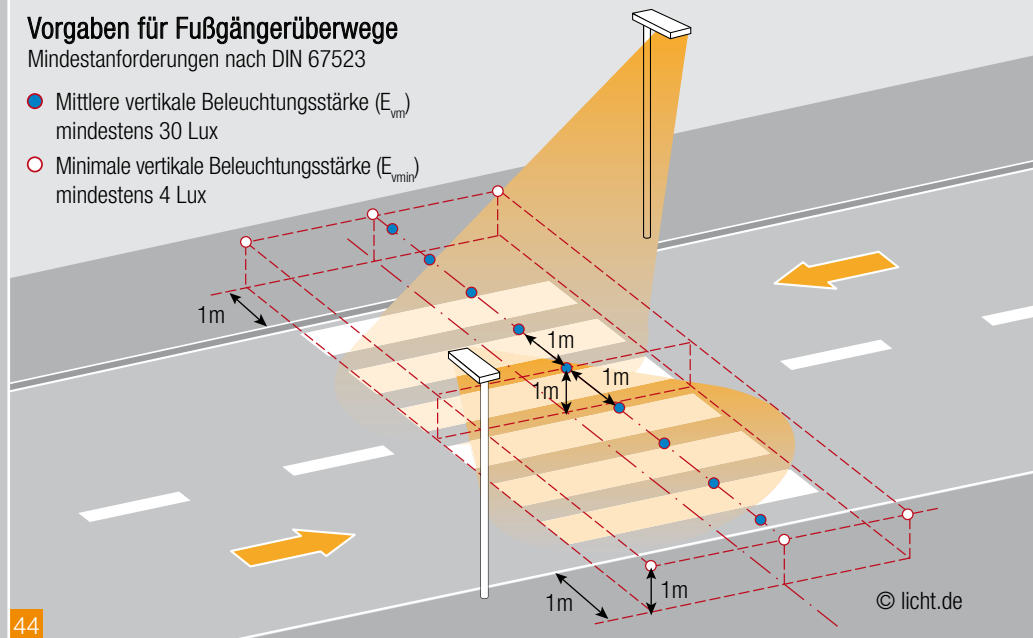
Bei der Beleuchtung von Fußgängerüberwegen [43, 44] stehen die vertikale Beleuchtungsstärke und der Kontrast, mit dem sich die Fußgänger im Wartebereich und auf dem Fußgängerüberweg (FGÜ) vom Hintergrund abheben, im Vordergrund. In der DIN EN 13201-2 wird der Fußgängerüberweg im Anhang behandelt und gleichzeitig wird auf die nationalen Standards der einzelnen Länder hingewiesen. Für Deutschland müssen die Richtlinien für die Anlage und Ausstattung von Fußgängerüberwegen (R-FGÜ 2001), und die DIN 67523 „Beleuchtung von Fußgängerüberwegen (Zeichen 293 der Straßenverkehrsordnung STVO) mit Zusatzbeleuchtung eingehalten werden:

- Erreicht die vorhandene Straßenbeleuchtung die in den Normen geforderten Werte nicht, muss eine zusätzliche, ortsfeste Beleuchtung errichtet werden.
- Zur einheitlichen Bewertung der Beleuchtung des Bereiches von Fußgängerüberwegen wird ein rechteckiges, horizontales Bewertungsfeld vereinbart, siehe dazu auch Grafik [44]:
 - Auf der Mittelachse muss dabei auf fest definierten Punkten in 1m Höhe mindestens ein Wartungswert von 30 Lux erreicht werden.
 - Der Wert von 4 Lux darf an keinem der im Bewertungsfeld definierten Bewertungspunkte unterschritten werden, auch nicht in der Wartezone in 1m Entfernung zur Straße.

Vorgaben für Fußgängerüberwege

Mindestanforderungen nach DIN 67523

- Mittlere vertikale Beleuchtungsstärke (E_{vm}) mindestens 30 Lux
- Minimale vertikale Beleuchtungsstärke (E_{vmin}) mindestens 4 Lux



44

- Die Beleuchtung muss den Fußgängerüberweg und die angrenzenden Warteflächen „aus der jeweiligen Fahrtrichtung“ erhellen – eine Beleuchtung direkt über der Mittelachse des Überweges ist nicht erlaubt.
- Eine von der allgemeinen Straßenbeleuchtung abweichende Lichtfarbe erhöht die Auffälligkeit.
- Die Beschilderung des Fußgängerüberwegs kann gleichzeitig als Beleuchtungseinrichtung fungieren.
- Im Gegensatz zur Straßenbeleuchtung darf die

Beleuchtung am Fußgängerüberweg während der gesamten Dunkelstunden nicht abgeschaltet werden.

- 100 Meter vor und hinter dem Fußgängerüberweg muss die Straße mindestens eine Leuchtdichte von 0,3 Candela pro Quadratmeter aufweisen. Das Niveau der vorhandenen Straßenbeleuchtung muss gegebenenfalls entsprechend erhöht werden.
- Die Beleuchtungsanlage für Fußgängerüberwege muss sich unabhängig schalten lassen.

Konfliktzonen

Wo sich verschiedene Verkehrsteilnehmer mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten begegnen, drohen auch Konflikte – bis hin zu Kollisionen. Solche Konfliktzonen, etwa Kreuzungen, Kreisverkehre, Einmündungen oder Querungshilfen für Fußgänger, lassen sich durch höheres Beleuchtungsniveau entschärfen.

Es liegt auf der Hand: Solange der Verkehr ungestört geradeaus strömt, halten sich die Gefahren in Grenzen. Kritisch wird es immer dann, wenn sich Verkehrsströme begegnen und kreuzen, insbesondere, wenn es sich um verschiedenartige Verkehrsteilnehmer handelt. Für solche Gefahrenstellen und ihre Beleuchtung definiert die Norm daher den Begriff der Konfliktzonen. Sie erfordern besondere visuelle Aufmerksamkeit. Beispiele für solche Konfliktzonen im Straßenraum sind Kreuzungen und Einmündungen, Kreisverkehrsanlagen, Haltebuchten für Busse, Mautstellen, Baustellen und Fußgänger-Querungshilfen, aber auch die bereits auf den Seiten 32-33 ausführlich

behandelten Fußgängerüberwege. Ein weiteres Kriterium ist, dass Konfliktzonen vom motorisierten Verkehr im Normalfall mit Geschwindigkeiten über 30 km/h befahren werden – entsprechend höhere Reaktionszeiten und die Geschwindigkeitsdifferenz zu unmotorisierten Verkehrsteilnehmern stellen also ein zusätzliches Risiko dar, dem durch eine optimierte Beleuchtung entgegengewirkt werden kann.

Mehr Licht entschärft Konfliktzonen

Grundsätzlich ist für Konfliktzonen ein angemessen erhöhtes Beleuchtungsniveau erforderlich. Da kein einheitlicher Beobachterstandort festgelegt werden kann,



bilden anstatt der Leuchtdichte die mittlere horizontale Beleuchtungsstärke sowie die Gleichmäßigkeit den Bewertungsmaßstab. Dabei ist zu beachten, dass das höhere Beleuchtungsniveau nicht mit stärkerer Blendung erkauft wird, sondern Leuchten mit gutem Sehkomfort eingesetzt werden.

Die Norm sieht hierfür ein gestaffeltes Vorgehen vor, das sich an der Fläche mit den höchsten Anforderungen an die Beleuchtungsklasse orientiert. Ausgangspunkt ist das Beleuchtungsniveau der zuführenden Straße mit der höchsten Beleuchtungsklasse. Der Sprung zwischen angrenzenden Flächen darf nicht mehr als zwei Beleuchtungsklassen betragen. Empfehlenswert sind darüber hinaus sogenannte Adaptationsstrecken vor Beginn und nach Ende der Konfliktzone, die sprunghafte Helligkeitsniveaus ausgleichen und eine Anpassung des Auges ermöglichen – insbesondere dort, wo der Verkehr Geschwindigkeiten von 50 km/h und mehr erreicht.

Sonderfall Kreisverkehr

Im Vergleich zur typischen Konfliktzone Kreuzung (siehe grauer Kasten unten) bieten Kreisverkehre grundsätzlich größere Sicherheit, was in den letzten Jahren zu einem regelrechten Boom geführt hat. Allerdings gelten auch Kreisverkehre als Konfliktzone und es sind einige Besonderheiten bei der Beleuchtung zu beachten: Die Beleuchtung sollte von außen und nicht von der Mittelinsel her erfolgen, um die optische Führung sicherzustellen. Eine Beleuchtung etwa mit einem hohen Mast und Leuchten in Mehrfachanordnung von der Mittelinsel aus empfiehlt sich nur in Ausnahmefällen, wie beispielsweise bei sehr komplexen und großen Kreisverkehrsplätzen.

[45] Kreisverkehrsanlagen gelten als relativ sicher, aber auch sie sind Konfliktzonen, für die eine adäquate Beleuchtung gemäß der Norm EN13201 vorgeschrieben ist.

[47] In Innenstädten begegnen sich die unterschiedlichsten Verkehrsteilnehmer auf engstem Raum. Eine gute Beleuchtung kann die Blicke der Verkehrsteilnehmer lenken und das Unfallrisiko reduzieren.



Bewertungskriterien

Typische Konfliktzonen innerstädtischer Straßen [46] sind Kreuzungen, Einmündungen, Kreisverkehrsanlagen oder Fußgängerüberwege. Die Bewertungskriterien bei Konfliktzonen werden nach EN 13201 geregelt und sind abhängig von Beleuchtungssituation, Geschwindigkeit, Art der Verkehrsteilnehmer usw. Über die entsprechenden Tabellen in der Norm werden die erforderlichen Wartungswerte ermittelt. Hier ein paar beispielhafte Eckpunkte:

- Kreuzungsdichte: Je mehr Kreuzungen in kurzen Abständen hintereinander auftreten, desto besser müssen diese beleuchtet sein.
- Kreisverkehrsplätze müssen beleuchtet sein, sofern die zuführenden Straßen beleuchtet sind.
- Geh- und Radwege sind auch an Kreisverkehrsplätzen ausreichend zu beleuchten. Richtlinien für Fußgängerüberwege auf den Zufahrtsstraßen sind in Deutschland über die R-FGÜ 2001 bzw. die DIN 67523 geregelt.
- Sprunghafte Helligkeitsniveaus sind zu vermeiden.





48



49



50

Licht für Brücken

Als verbindende Verkehrsachsen [50] und prominente Objekte spielen Brücken eine bedeutende Rolle in Stadt- und Landschaft. Entsprechend hohe Anforderungen gelten für ihre Beleuchtung, wie sie die Norm für Straßenbeleuchtung DIN EN 13201 definiert. Im städtischen Umfeld beeinflusst auch die Raumnutzung unter der Brücke die lichttechnischen Planungen, denn oft verlaufen hier weitere Verkehrswege, die von einer blendenden Beleuchtung geschützt werden sollen. Moderne LED-Technologie und entsprechend abgestimmte Lichtpunkthöhen gewährleisten eine gezielte Lichtlenkung und verhindern Blendeffekte. Zugänglichkeit ist auf Brücken naturgemäß ein Problem, auf das die Beleuchtungslösung eingehen muss. LED-Leuchten mit hohen Wartungsintervallen sind daher besonders geeignet. Als funktionale Alternative zu Mastleuchten können Überspannungsleuchten mit asymmetrischer Lichtverteilung an Brückenbögen oder Stahlkonstruktionen befestigt werden.

Tunnelbeleuchtung

Das Durchfahren von Tunneln ist für viele Verkehrsteilnehmer angstbesetzt – nicht ganz grundlos, wie schwere Unglücke immer wieder zeigen. Richtiges Licht trägt hier essentiell zur Sicherheit bei: Straßenverlauf und Hindernisse werden rechtzeitig erkannt, ausreichende Helligkeit wirkt dem Eindruck von Enge entgegen.

Dass die Anforderungen an die Beleuchtung in Tunneln und Unterführungen besonders hoch sind, liegt auf der Hand. Beleuchtungslösungen, die sowohl technische Aspekte als auch die besondere psychologische Situation der Nutzer des Tunnels berücksichtigen, fördern die Verkehrssicherheit und einen harmonischen Verkehrsfluss. Dies hat besonderes Gewicht, da Unfälle in Tunneln aufgrund der erschwerten Zugänglichkeit ein höheres Risiko darstellen.

Gleitende Übergänge für das Auge

Die Unterstützung der Adaptationsfähigkeit des Auges genießt bei der Beleuchtungsplanung höchste Priorität: Abgestufte Beleuchtungsniveaus mildern den abrupten Übergang vom Tageslicht zum dunkleren Tunnelinneren und ermöglichen bei der Annäherung an die Tunneleinfahrt einen Einblick und das Erkennen eventueller Hindernisse. Dabei setzt man üblicherweise asymmetrische Leuchten so ein, dass sie ohne Blendung der Autofahrer sehr hohe Beleuchtungsstärken an der Tunneleinfahrt erzeugen. Dann erfolgt eine gleitende Anpassung an das Beleuchtungsniveau im Tunnel. Dieses liegt höher als das der üblichen Straßenbeleuchtung auf freier Strecke, um einem Gefühl begrenzender Enge entgegenzuwirken. Insbesondere tagsüber empfiehlt sich auch ein Anheben des Beleuchtungsniveaus am Tunnelende, damit der Übergang zurück ins Tageslicht sicherer erfolgt.

LED-Technik hielt bereits früh Einzug bei der Tunnelbeleuchtung in Form von Markierungsleuchten an der Bordsteinkante, die den Straßenverlauf besser erkennbar machen. Inzwischen ersetzen auch zur Durchfahrtsbeleuchtung lineare LED-Leuchten immer öfter die bisher vorherrschenden Natriumdampf-Hochdrucklampen und können hier ihre Vorteile wie Ausfallsicherheit, Effizienz, präzise steuerbare Lichtverteilung und gute Farbwiedergabe ausspielen.

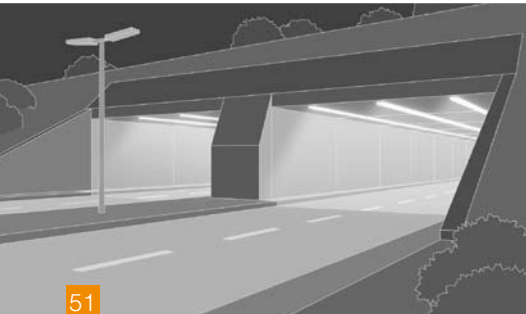
Zudem lassen sich LED-Leuchten besser elektronisch schalten und dimmen, was die Realisierung unterschiedlicher Tag- und Nachtszenarien vereinfacht.

Harte Bedingungen in der Röhre

In Straßentunneln herrschen durch die Abgase und Stäube besonders harte Betriebsbedingungen – und das bei Dauerbetrieb rund um die Uhr. Wartungsarbeiten – ob geplant oder ungeplant – führen in der Regel zu unerwünschten Verkehrsbehinderungen. Die Wahl entsprechend robuster und wartungsarmer Leuchten ist daher ebenso wichtig wie die richtige Planung im Detail: So sollten Lichtlinien stets etwas versetzt zur Mittelachse der Tunnelröhre montiert werden, damit zu Wartungszwecken nur eine Fahrspur blockiert wird.

Licht gibt Sicherheitsgefühl im Untergrund

In Unterführungen und Fußgängertunneln steht wiederum das subjektive Sicherheitsgefühl der Passanten im Vordergrund. Hier sollte besonders auf ausreichende halbzylindrische Beleuchtungsstärken geachtet werden, damit andere Personen leichter erkannt und eingeschätzt werden können.



Bewertungskriterien

Die Beleuchtung von Verkehrstunneln [51] wird durch die deutsche Norm DIN 67 524 in den Teilen 1 und 2 geregelt. Ergänzt wird sie durch internationale Empfehlungen der CIE. Europaweit einheitliche Richtlinien gibt es zur Zeit nicht, da man sich nicht auf einen gemeinsam tragbaren Konsens einigen konnte. Damit sind in der EU die einzelnen Mitgliedsländer für ihre nationale Norm selbst verantwortlich. Lichttechnisches Bewertungskriterium bei Tunneln mit Fahrzeugverkehr ist die Leuchtdichte. Am Tunneleingang muss diese am höchsten sein, damit die Tunneleinfahrt nicht als schwarzes Loch erscheint und das menschliche Auge Zeit hat, sich an die Dunkelheit anzupassen. Danach kann sie langsam zum Tunnelinneren hin abnehmen. Die geforderten Werte sind zudem abhängig von der erlaubten Höchstgeschwindigkeit und der Verkehrsdichte.

[48] Tagsüber muss das Beleuchtungsniveau bei der Einfahrt in einen Tunnel besonders hoch sein, damit das menschliche Auge Zeit hat, sich an die dunklere Umgebung zu gewöhnen.

[49] LED-Markierungsleuchten machen den Straßenverlauf im Tunnel sicher erkennbar. Ein höheres Beleuchtungsniveau am Tunnelende erleichtert eine Anpassung an das Tageslicht.



52

Straßenbeleuchtung und Sicherheit

Gut beleuchtete Straßen, Wege und Plätze tragen zur Verkehrssicherheit, aber auch zur Prävention von Kriminalität bei – das entspricht nicht nur der allgemeinen Lebenserfahrung, sondern wird auch von einer Vielzahl von Studien untermauert. Die Schwächsten – Fußgänger, Radfahrer, Senioren – profitieren dabei am meisten.

Unfälle: Nachts steigt das Risiko

Was umfangreiche Studien der Internationalen Beleuchtungskommission CIE bereits 1993 nahelegten, wird auch durch aktuelle Forschungsergebnisse, etwa des niederländischen Instituts für Sicherheit im Straßenverkehr SWOV, bestätigt: Obwohl nachts weniger Verkehr herrscht, ist das Unfallrisiko höher und die Unfälle schwerer. So fordern Unfälle bei Nacht fast doppelt so viele Todesopfer pro gefahrener Strecke wie bei Tag.

In den letzten zehn Jahren hat sich das Unfallgeschehen bei Nacht in Deutschland zwar durchaus positiv entwickelt, wie die Bundesanstalt für Straßenwesen berichtet. Unfälle mit Personenschaden sind um etwa 20 Prozent und die Unfälle mit schwerem Personenschaden, also Schwerverletzten und Todesopfern, um etwa 40 Prozent zurückgegangen. Dies ist allerdings wohl hauptsächlich der verbesserten Sicherheitsausstattung der Fahrzeuge wie ABS, Airbags oder ESP zuzuschreiben – umso wichtiger, dass die Beleuchtungstechnik hierbei ebenfalls ihren Beitrag zur Senkung des Unfallrisikos leistet.

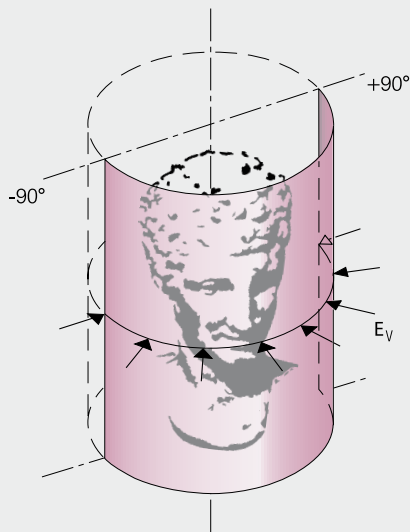
Die Ursache liegt in der Sehleistung

Natürlich sind auch weitere Risiken mit der Unfallrate bei Nacht verknüpft – etwa Müdigkeit oder Alkoholgenuss, dennoch bleibt das Nachlassen des Sehvermögens bei Dunkelheit die Hauptursache für Unfälle: Nachts ist es schwerer, Entfernungen einzuschätzen, die Wahrnehmung von Farben ist reduziert, Blendung mindert die Sehleistung zusätzlich. Die Lösung liegt im angemessenen Ausbau der Straßenbeleuchtung, insbesondere an Gefahrenpunkten wie Kreuzungen oder Fußgängerüberwegen.

Studien zeigen positive Auswirkungen

Nicht nur die Risiken im nächtlichen Straßenverkehr, sondern auch die positiven Auswirkungen von Beleuchtung sind gut erforscht. Aufbauend auf einer weiteren CIE-Analyse von 1993, die eine Senkung der Unfallzahlen durch gute Straßenbeleuchtung von durchschnittlich 30 Prozent, auf Landstraßen, gefährlichen Straßenabschnitten und Kreuzungen sogar um 45 Prozent feststellte, zeigte eine niederländische Metastudie (Elvik et al.) von 2009 beim Vorher-Nachher-Vergleich von unbeleuchteten und beleuchteten

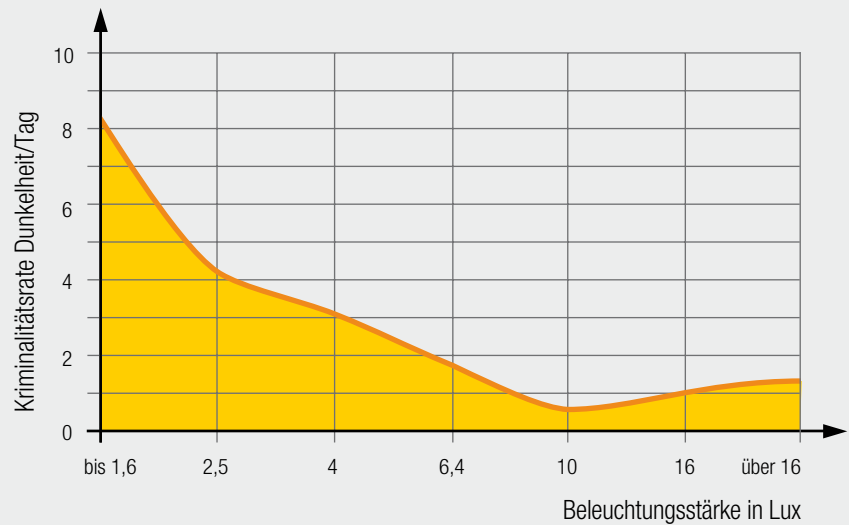
Halbzylindrische Beleuchtungsstärke



53

© licht.de

Abhängigkeit der Kriminalitätsrate vom Beleuchtungsniveau



54

© licht.de

Straßen einen Rückgang bei tödlichen Unfällen um 60 Prozent! Ähnliche Ergebnisse lieferte eine Studie im Auftrag des Bundesverkehrsministeriums von 1994 in sechs deutschen Großstädten; hier verringerte sich die Gesamtzahl der Unfälle um 28 Prozent. Insbesondere die schwächeren Verkehrsteilnehmer profitieren von einer besseren Straßenbeleuchtung. In den untersuchten Fällen sanken die Unfälle, an denen Fußgänger und Radfahrer beteiligt waren, sogar um 68 Prozent.

LED-Umrüstung bringt mehr als Abschalten

Beleuchtung steigert also nachweislich die Verkehrssicherheit. Dennoch kann man in ganz Deutschland bis heute beobachten, dass aus Energie- und Kostengründen jede zweite Straßenleuchte und rund drei Viertel der Ampelanlagen ab 22 Uhr abgeschaltet werden.

Gleiches gilt für die Nachtabstaltung jeder zweiten Straßenleuchte: Die entstehenden Kontraste und Dunkelfelder überfordern das Adaptationsvermögen des Auges. Nachhaltigeren Erfolg bei der Einsparung von Energie und Betriebskosten verspricht die Umrüstung veralteter Beleuchtungsanlagen auf zeitgemäße LED-Technik. Im Gegensatz zu den herkömmlichen Leuchten mit Entladungslampen lassen sich hier Dimmsysteme integrieren und somit die Lichtanlage flexibel und bedarfsgerecht steuern. Untersuchungen zeigen außer-

dem, dass Verteilung, Brillanz und spektrale Zusammensetzung des LED-Lichtes auch subjektiv zu einem höheren Sicherheitsempfinden bei den Verkehrsteilnehmern führt.

Kriminelle fürchten das Licht

Auch wenn die Wirkung von Beleuchtung als Kriminalitätsprävention nicht so gut erforscht ist wie die Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit, lassen sich aus der vorhandenen Studienlage dennoch zwei Schlüsse ziehen: Gute Beleuchtung auf Straßen, Wegen und Plätzen schreckt nicht nur Kriminelle nachweislich ab, sondern erhöht vor allem auch das subjektive Sicherheitsgefühl der Nutzer des öffentlichen Raumes – ein wichtiges Ziel im Interesse von Wohnwert und Lebensqualität. Es ist evident, dass Delikte wie Einbruch, Überfall und Diebstahl häufiger im Dunkeln und Verborgenen passieren, wenn Täter sich bessere Chancen ausrechnen, nicht erkannt zu werden. Umgekehrt sind Menschen, die sich im Dunkeln unsicher bewegen, die leichteren Opfer für finstere Gestalten.

Nicht nur allgemein höhere Beleuchtungsstärken, sondern insbesondere gute halbzylindrische Beleuchtungsstärken – also ein hoher Anteil an vertikaler Beleuchtung – tragen zur guten Wahrnehmung gerade bei Fußgängern bei. Man kann andere Personen und ihre Absichten frühzeitig erkennen und entsprechend reagieren.

Wenn das subjektive Sicherheitsgefühl durch eine verbesserte Beleuchtungssituation dazu führt, dass sich beispielsweise Frauen und Senioren wieder häufiger auch bei Dunkelheit auf die Straße trauen, ist bereits viel gewonnen – denn zweifellos ist nichts so wirksam gegen Kriminalität wie ein intaktes soziales Leben im öffentlichen Raum.

[52] Fußgängerunterführungen sind besonders oft angstbesetzt. Lichtinstallationen, wie in diesem Beispiel zu sehen, erzeugen mit farbigem Licht und hohen Beleuchtungsstärken ein angenehmeres und sichereres Umfeld.

[53] Die halbzylindrische Beleuchtungsstärke ist der entscheidende Faktor zum Erkennen von Gesichtern, selbst aus etwas größerer Entfernung. Durch einen hohen Anteil des von vorne einfallenden Lichtes werden Gesichter gut erhellt und sind zudem plastisch wahrnehmbar.

[54] Mit zunehmender Beleuchtungsstärke nimmt die Kriminalitätsrate Stück für Stück ab, wie zahlreiche Studien immer wieder belegen.

Energieeffizienz und Kosten

Die Beleuchtung von Straßen, Wegen und Plätzen ist für Kommunen in der Regel keine Option, sondern Teil ihrer Verkehrssicherungspflicht. Ihre Kosten müssen sich in knappe Kommunalhaushalte einfügen. Doch die Erfolge bei der Effizienzsteigerung machen moderne Beleuchtungstechnik auch finanziell attraktiv.

Die Zeichen der Zeit bringen Straßenbeleuchtung auf die Agenda kommunaler Entscheider: Zum einen besteht in Deutschland nach Selbsteinschätzung der Städte und Gemeinden ein gewaltiger Investitionsstau – jede zweite Kommune gab in einer Umfrage der DENA (Deutsche Energie-Agentur GmbH) an, ihre Straßenbeleuchtung sei modernisierungsbedürftig oder sogar stark modernisierungsbedürftig. Zum anderen ermöglicht die heute verfügbare, praxistaugliche LED-Technologie Sanierungen, die nicht nur graduelle, sondern sprunghafte Verbesserungen bei der Energieeffizienz bringen. Grundlage aller Entscheidungen über die Investition in Straßenbeleuchtung ist eine detaillierte Betrachtung der Kosten und aller Faktoren, die sie langfristig beeinflussen – denn Straßenbeleuchtung ist ein langlebiges Gut. In der Regel wird von einer Lebensdauer der Anlagen von circa 25 Jahren ausgegangen.

Energieverbrauch dominiert die Kostenstruktur

Grundsätzlich bestehen die Gesamtkosten der Straßenbeleuchtung aus den Investitionskosten, den Kosten für die Finanzierung und den Betriebskosten. Die Investitionskosten umfassen die Kosten für Kauf und Montage der Beleuchtungsanlagen und ihrer Bauelemente. Die Betriebskosten setzen sich aus den Kosten für Energie, Wartung und Instandhaltung sowie für den Ersatz defekter Lampen zusammen. Die Betrachtung der Kosten im Lebenszyklus, die im Folgenden noch detailliert dargestellt wird, zeigt: Innerhalb dieser Kostenstruktur dominieren die Energiekosten bei Weitem. Hier lässt sich also mit dem größten Hebeleffekt ansetzen, wenn Ausgaben für die Beleuchtung dauerhaft gesenkt werden sollen – ein gewichtiges Argument für den Einsatz innovativer, energieeffizienter Beleuchtungstechnik.

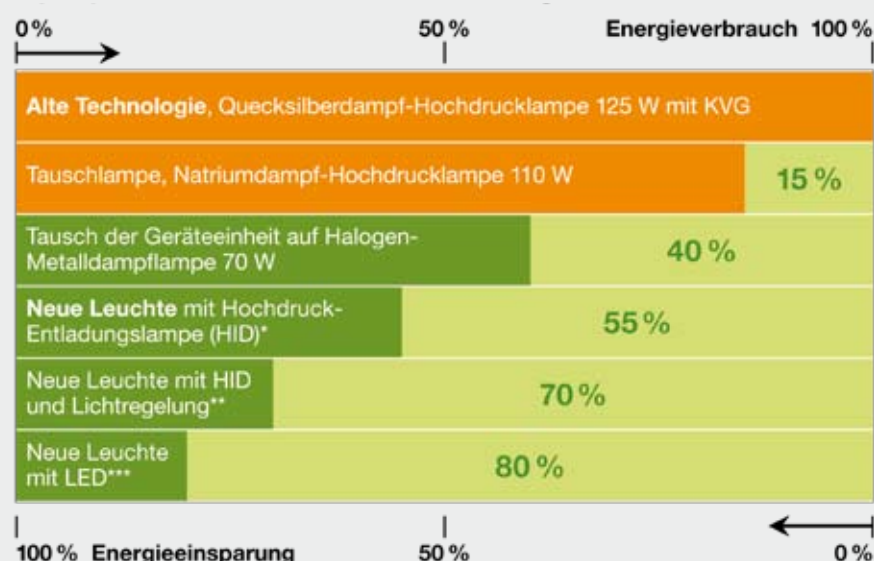
[55] Moderne LED-Straßenleuchten sparen Strom, senken die Betriebskosten und bringen das Licht ohne Streuverluste dorthin, wo es gebraucht wird, auf die Straße.

[56] Das Zusammenspiel von Lichtregelung und modernen Beleuchtungsanlagen ermöglicht Einsparungen in der Außenbeleuchtung von bis zu 80%.

[57] Der Energieverbrauch ist bei einer veralteten Leuchtentechnologie der größte Kostenfaktor in der Außenbeleuchtung.

[58] Im Lebenszyklus einer Straßenleuchte fallen die unterschiedlichsten Kostenpositionen an. Hier alle wichtigen Positionen im Überblick.

Sparpotenziale Außenbeleuchtung



* Natriumdampf-Hochdrucklampe oder Halogen-Metalllampenlampe

** Natriumdampf-Hochdrucklampe oder Halogen-Metalllampenlampe, mit Regelsystem und 50 % Leistung während 2.000 Std.

*** Mit Regelsystem und 50 % Leistung während 2.000 Std.

© licht.de

Eine Senkung der Kosten durch Verzicht auf Beleuchtung oder die zeitweise Abschaltung ist dabei keine echte Option, denn Kommunen unterliegen der Verkehrssicherungspflicht nach Paragraph 823 des BGB, aus der sich auch eine Beleuchtungspflicht ableitet. Entsprechende Haftungsrisiken sind in der Kostenrechnung allerdings nur schwer abzubilden, ebenso wenig wie die volkswirtschaftlichen Kosten von Verkehrsunfällen in Milliardenhöhe, die durch bessere Straßenbeleuchtung zumindest reduziert werden könnten.

Sanierung rechnet sich:

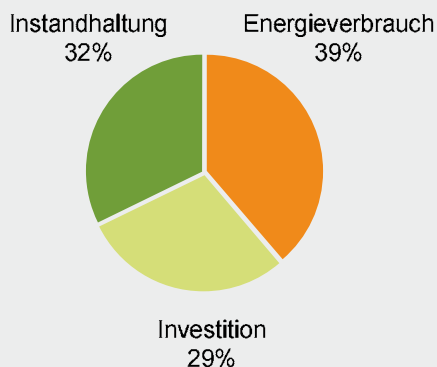
Für Umwelt und Budget

Für die Sanierung veralteter Straßenbeleuchtung spricht eine ganze Reihe von Gründen. Sie können in Sachzwängen wie dem gehäuften Ausfall alter Leuchten liegen oder darin, dass passende Leuchtmittel nicht mehr lieferbar sind.



56

Beispiel für mögliche Kostenanteile in der Straßenbeleuchtung



Der größte Anteil der Kosten entfällt in der Straßenbeleuchtung auf den Energieverbrauch. Bei veralteter Leuchtentechnologie kann der Anteil der Energiekosten noch deutlich über dem oben gezeigten Wert liegen.

© licht.de

57

Kosten im Lebenszyklus einer Straßenleuchte Von der Anschaffung bis zur Entsorgung

Lebenszykluskosten (TCO = Total Cost of Ownership) entstehen über einen definierten Zeitraum (z.B. 20 Jahre) und umfassen die Gesamtkosten von Investition zuzüglich Betrieb (inkl. Energiekosten) und Entsorgung



Investitionskosten

- Kosten der Anlage
- Installationskosten

58



Betriebskosten

- Energiekosten
- Wartungskosten
- Kosten für Ersatzteile
- Bestellkosten
- Lagerhaltungskosten



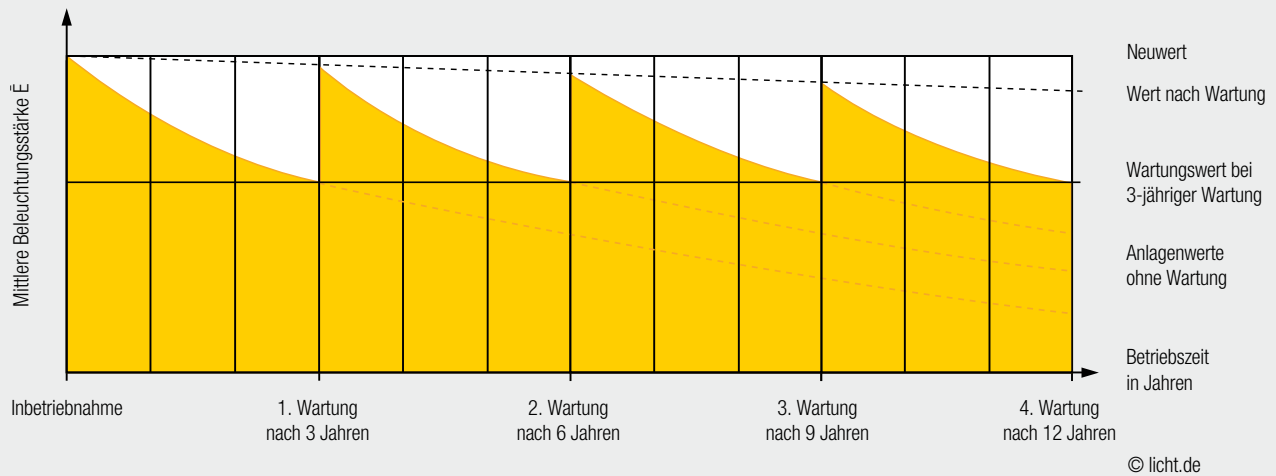
Kosten am Ende der Lebensdauer

- Entsorgungskosten
- Demontagekosten

© licht.de

Wartungsbeispiele im Vergleich

Beleuchtungsanlagen mit qualitativ minderwertigen Leuchten



Qualitativ minderwertige Leuchten

- Wartung alle 3 Jahre
- Höhere Störanfälligkeit
- Höhere Kosten durch häufigere Wartung

Sie können umweltpolitisch motiviert sein und beispielsweise Klimaschutzziele verfolgen oder im Rahmen des Stadtmarketings ein attraktiveres nächtliches Erscheinungsbild anstreben. Im Fokus steht angesichts der angespannten Haushaltslage vieler Kommunen aber das Ziel, mittelfristig die Etats durch Senkung der Kosten für Beleuchtung zu entlasten. Methoden zur Ermittlung der Lebenszykluskosten und des Kapitalwertes belegen, dass sich die Ziele der Wirtschaftlichkeit sowie der Ressourcenschonung dank der enormen technischen Weiterentwicklung im Beleuchtungssektor hervorragend miteinander verbinden lassen. Sie spielen daher eine zentrale Rolle im Sanierungsprozess, der auf den folgenden Seiten noch ausführlich dargestellt wird.

Faktoren für Energieeffizienz

Für mehr Energieeffizienz in der Straßenbeleuchtung stehen Planern und Betreibern eine Reihe von Stellschrauben zur Verfügung. Die Entscheidung für moderne Leuchten mit LED als Lichtquelle ist davon sicher die nächstliegende. Verstärkend wirkt der Einsatz von intelligenten Lichtmanagementsystemen, die ein Herunterdimmen der Lichtmenge in den Nachtstunden, beispielsweise ab 24:00 Uhr, ermöglichen. Der Einfluss sorgfältiger Planung ist ebenfalls bedeutend, denn nur eine Anlage, die optimal den spezifischen Anforderungen der jeweiligen Situationen entspricht, erfüllt das Kriterium der Wirtschaftlichkeit.

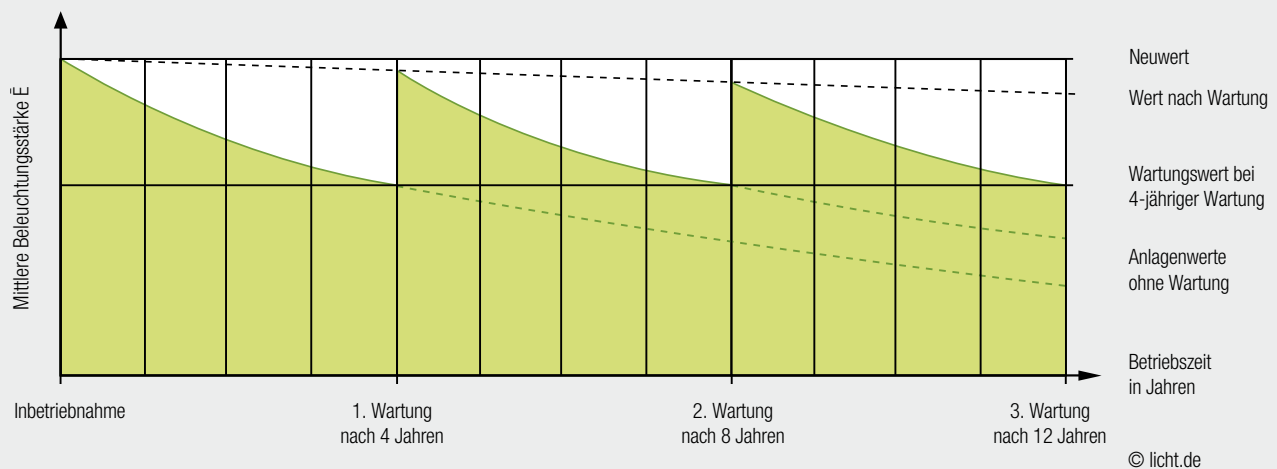
Kommunale Auftraggeber sind verpflichtet, sich bei der öffentlichen Vergabe für das wirtschaftlichste Angebot zu entscheiden – das heißt, es ist nicht ausschließlich der Preis zu bewerten. Die Erstellung einer Bewertungsmatrix ist ein einfaches, praktisches und flexibles Werkzeug, um Eignungskriterien und lichttechnische Nachweise in die Ausschreibung mit einfließen zu lassen. So stellt der öffentliche Auftraggeber sicher, dass die Beleuchtungsanlage auch der Planung und den Anforderungen entspricht, so dass sie optimale Energieeffizienz und Lichtqualität über den gesamten Lebenszyklus der Anlage liefert.

Die Lehren aus der Lebenszyklus-Analyse

Spezifisch bei Straßenbeleuchtung sind die langen Lebenszyklen. 25 Jahre Betriebsdauer ist ein Richtwert, der nicht selten auch noch deutlich überschritten wird. Ein guter Grund, Entscheidungen über Kosten und Aufwendungen nicht nur auf den Zeitpunkt der Investition zu beziehen, sondern über die gesamte Betriebsdauer gesehen.

Für die Betrachtung der Lebenszykluskosten einer Beleuchtungsanlage müssen einige Faktoren – insbesondere der Strompreis – für die Zukunft abgeschätzt werden. Von nennenswert fallenden Energiepreisen in den kommenden Jah-

Beleuchtungsanlagen mit qualitativ hochwertigen Leuchten



Qualitativ hochwertige Leuchten

- Wartung alle 4 Jahre
- Bei einer „Wartung mit Dokumentation“ ist das Wartungsintervall auf 6 Jahre ausdehnbar
- Geringere Fehleranzahl

60

ren ist aller Vernunft nach jedoch nicht auszugehen. Der Betrachtungszeitraum muss selbstverständlich ebenfalls für alle zu untersuchenden Alternativen gleich gewählt werden, ebenso Richtwerte für Arbeitskosten bei Wartung und Instandhaltung.

Relevante Kostengrößen sind Wartungs-, Energie-, Reparatur-, Zins- und Anschaffungskosten sowie Kosten der Entsorgung. Hersteller müssen Aussagen zur Ausfallquote ihrer Leuchten machen. Hierbei sind auch die entsprechenden Ersatzinvestitionen im Betrachtungszeitraum zu berücksichtigen.

Eine entscheidende Erkenntnis aus der Analyse der Lebenszykluskosten langlebiger Güter wie der Straßenbeleuchtung ist, dass Anlagen mit einer höheren Anfangsinvestition und in der Regel damit auch einer längeren Amortisationszeit, dennoch auf lange Sicht mehr Kosten sparen können als solche, die sich schneller amortisieren. Die Amortisationszeit, die gerade bei neuen Technologien wie der LED durch die höhere Anfangsinvestition oft länger ist als bei konventionellen Alternativen, sollte also nicht das letzte Entscheidungskriterium sein: In vielen Beispielen führt eine in der Investition teurere Variante – beispielsweise mit hochwertigen, aktuellen LED-Leuchten – zu den geringsten Lebenszykluskosten.

Für Fortgeschrittene: Der Kapitalwert

Eine in der Betriebswirtschaft gängige Betrachtung der Rentabilität von Investitionen lässt sich auch auf das Thema Straßenbeleuchtung übertragen – insbesondere dort, wo Betreiber im Rahmen von städtischen Holdings oder Contracting als privatwirtschaftliche Unternehmen agieren. Diese Betrachtungsweise ist die sogenannte Kapitalwert-Analyse. Sie bringt langfristige Einspareffekte, wie sie innovative LED-Lösungen bieten, besonders zur Geltung, denn hier werden die durch Energieeinsparungen erzielten Gewinne mit einem kalkulatorischen Zinssatz abgezinst. Dieser stellt die vergleichbare Rendite dar, welche durch eine Alternativinvestition (zum Beispiel am Kapitalmarkt) erreicht werden könnte. Bei einem gegebenen Planungszeitraum und kalkulatorischem Zinssatz drückt der Kapitalwert letztendlich die zu erwartende Erhöhung bzw. Verminderung des Geldvermögens aus. Schon ab einer Betrachtungsdauer von unter 10 Jahren kann sich für LED-Leuchten ein positiver Kapitalwert ergeben. Dies ist in Anbetracht einer Betriebsdauer von 25 Jahren vergleichsweise wenig. Maßgebliche Einflussfaktoren sind hier das Einsparpotential zur Altanlage sowie der Strompreis und die angenommene jährliche Strompreisssteigerung. Somit bietet der Kapitalwert eine neue Diskussionsgrundlage zur Wirtschaftlichkeit von Sanierungsmaßnahmen.

Fördermöglichkeiten ausschöpfen

Ein letzter, für Kommunen nicht zu unterschätzender positiver Kostenfaktor sind schließlich Fördergelder für bestimmte Arten von Investitionen, etwa im Rahmen von Programmen des Bundes oder der EU. Hierzu ist eine intensive Beratung, etwa durch Experten der Deutschen Energie-Agentur DENA bzw. den Förderbanken oder Energieagenturen der Bundesländer empfehlenswert.

[59, 60] Zwei verschiedene Wartungsbeispiele im Vergleich. Grafik Nr. 59 zeigt ein Wartungsintervall von 3 Jahren ab Inbetriebnahme. Bei Grafik Nr. 60 sind es 4 Jahre. Diese Beispiele zeigen, dass es sich auch in finanzieller Hinsicht lohnen kann, auf qualitativ hochwertige Leuchten zu setzen.

Sanierungsprozess

Ist die Frage nach dem Warum der Sanierung von Straßenbeleuchtung beantwortet, folgt die Frage nach dem Wie. Bewährte Werkzeuge und Methoden aus „Best Practice“ Beispielen ebnen Kommunen den Weg für erfolgreiche Sanierungsprojekte.

Auf den vorhergehenden Seiten wurden viele Gründe für eine Sanierung der Straßenbeleuchtung genannt. Neben dem zentralen Kostenaspekt sind es vor allem die bessere Lichtqualität moderner Anlagen, der damit verbundene Sicherheitsgewinn sowie die Reduzierung von CO₂-Ausstoß und Lichtverschmutzung. Kommunale Entscheidungsträger sind in dieser Situation nicht alleine, überall in Deutschland stehen Sanierungsprojekte auf der Tagesordnung. Viele wurden bereits erfolgreich abgeschlossen und öffentliche wie private Beratungsorganisationen stehen bereit, um entsprechende Maßnahmen zu begleiten. Dabei haben sich typische Projektschritte herausgebildet.

Projektstart

Am Anfang steht die politische Willensbildung und die Einbindung möglichst vieler kommunaler Akteure. Es gilt, sowohl die Verwaltungsorgane als auch die Entscheidungsträger für das Sanierungsprojekt zu gewinnen. Informationsmedien

wie dieses Heft liefern dafür wichtige Argumente. Der nächste Schritt ist die Bildung eines Projektteams. Es bündelt die unterschiedlichen Kompetenzen, die für den Projekterfolg in den unterschiedlichen Phasen entscheidend sind: Von der Finanzierung über die Planung bis hin zur Beschaffung und Umsetzung. Sind die Aufgaben klar verteilt und alle Beteiligten von der Notwendigkeit der anstehenden Maßnahmen überzeugt, kann das Projekt in die nächste Phase gehen.

Istanalyse

Als Grundlage für die weitere Planung wird als nächster Schritt eine detaillierte Istanalyse der vorhandenen Beleuchtungsanlage erstellt. Hier werden Einsparpotentiale deutlich und es lässt sich ein strukturiertes Vorgehen entwickeln. Ein solcher „Lichtkaster“ ist zwar aufwendig, aber er liefert die Datengrundlage, um Maßnahmen nach wirtschaftlichen Aspekten zu priorisieren. Bei der Erstellung sollten die mit der Wartung und dem Betrieb beauftragten

[61] Eine Sanierung bietet immer auch die Chance, über die Effizienz und Kostenfaktoren hinaus etwas für eine modernere Stadtgestaltung zu tun.

[62] Beispiel einer Bewertungsmatrix (enthält ausgeblendete Spalten) mit den wichtigsten Kostenkriterien, um aus sechs Bietern mit sechs verschiedenen Angeboten das langfristig günstigste zu ermitteln.



Bewertungsmatrix zur Bewertung von Straßenbeleuchtungssystemen														
Hauptkriterien A-Kriterien		Gewichtung max. Punkte- verteilung	Bieter 1		Bieter 2		Bieter 3		Bieter 4		Bieter 5		Bieter 6	
Name			Meier		Müller		Schulze		Topp		Schneider		Schmidt	
Produkt			Angebot Nr. 1		Angebot Nr.2		Angebot Nr.3		Angebot Nr. 4		Angebot Nr.5		Angebot Nr.6	
			Punkte		Punkte		Punkte		Punkte		Punkte		Punkte	
Preis		30	100,00 €		150,00 €		200,00 €		250,00 €		300,00 €		350,00 €	
niedrigster Wert = 100%			100% 30,00		67%		50%		40%		33%		29%	
Energieverbrauch in kWh/Jahr oder Energieverbrauch in kWh/(km x Jahr) (für alle Bieter jeweils identische Bewertungsgrundlage eingeben)		30	345,00 kWh		300,00 kWh		250,00 kWh		200,00 kWh		150,00 kWh		100,00 kWh	
niedrigster Wert = 100%			29% 8,70		33%		40%		50%		67%		100%	
Produktqualität und Lichttechnische Eigenschaften		30	29% 8,57		43% 12,86		54% 16,07		79% 23,57		43% 12,86		100% 30,00	
			Energieleuchte 0,00		reitere Straßenleuchte 2,14		Zirkulare Straßenleuchte 3,21		Vierkantleuchte Öffnung 4,29		Energieleuchte 0,00		Vierkantleuchte Öffnung 4,29	
			38%		38%		50%		75%		63%		100%	
			Lm < 3 0,00		Lm > 3-3,3 2,14		Lm < 3 0,00		Lm > 3,3 4,29		Lm > 3,3 2,14		Lm > 3,3 4,29	
			uO > 0,38 4,29		uO > 0,38 - 0,07 2,14		uO > 0,38 4,29		uO > 0,38 - 0,07 2,14		uO > 0,38 4,29		uO > 0,38 4,29	
			Tl < 15 % und > 13,5 2,14		Tl < 15 % und > 13,5 2,14		Tl < 15 % 0,00		Tl < 15 % und > 13,5 2,14		Tl < 15 % 0,00		Tl < 13,5 % 4,29	
			Sk > 0,75 0,00		Sk > 0,75 0,00		Sk > 0,50 - 0,75 4,29		Sk > 0,50 - 0,75 4,29		Sk > 0,50 - 0,75 4,29		Sk > 0,50 - 0,75 4,29	
			3.300 - 5.300 Kelvin (T) 25% 2,14		3.300 - 5.300 Kelvin (T) 50% 2,14		> 5.300 Kelvin (TW) 50% 0,00		< 3.300 Kelvin (Dm) 75% 4,29		> 5.300 Kelvin (TW) 25% 0,00		< 3.300 Kelvin (Dm) 100% 4,29	
			Ra < 85 0,00		Ra 85 - < 90 2,14		Ra > 90 4,29		Ra 85 - < 90 2,14		Ra 85 - < 90 2,14		Ra > 90 4,29	
Ästhetik		10	50%		100%		100%		0%		100%		50%	
			mittlere Akzeptanz 5,00		hohe Akzeptanz 10,00		hohe Akzeptanz 10,00		niedrige Akzeptanz 0,00		hohe Akzeptanz 10,00		mittlere Akzeptanz 5,00	
Punktestand		100	52,27		52,86		53,07		50,57		52,86		73,60	
62 Platzierung			5		4		2		6		3		1	

© licht.de

Stellen, wie etwa Stadtwerke, mit einbezogen werden, da diese häufig bereits über Daten zum Stromverbrauch und Kosten verfügen. Die Erfassung selbst sollte durch geeignetes Fachpersonal erfolgen, alternativ stehen hierfür auch spezialisierte Dienstleister zur Verfügung. Ein vollständiger Lichtkataster umfasst neben der Anzahl der Lichtpunkte auch die Beschaffenheit, den Zustand und die technischen Details jedes Lichtpunktes. Durch Messungen der Beleuchtungsstärke sollte geprüft werden, inwieweit die Beleuchtung der aktuellen Nutzungssituation entspricht und geltende Normen erfüllt werden. Zusätzlich dienen stichprobenartige Messungen der Anschlussleistung dazu, den tatsächlichen Stromverbrauch zu ermitteln, der in Altanlagen meist deutlich über den Nennleistung liegt.

Planung und Finanzierung

Der erste Planungsschritt ist die Zieldefinition: Sanierungsziele sollten eine klare Zielrichtung, etwa die Einsparung von Energie oder die Verbesserung der Lichtqualität haben, sie sollten mess- und quantifizierbar sein, sie sollten außerdem realistisch und spezifisch sein sowie einen klaren Zeitrahmen erhalten. Auf dieser Basis lässt sich, zusammen mit entsprechenden Fachplanern, ein konkreter Maßnahmenplan entwickeln. Damit sich Maßnahmen später im Beschaffungs-

prozess optimal abbilden lassen, sollten bereits in dieser Phase die beschaffungsrelevanten Kriterien – Produktqualität, Technik und Wirtschaftlichkeit – definiert werden. Spätestens zu diesem Zeitpunkt steht auch die Finanzierung des Projekts auf der Agenda. Umfragen der DENA haben gezeigt, dass eine ungeklärte Finanzierung die häufigste Ursache für das Scheitern von Sanierungsprojekten ist – dabei gibt es eine Vielzahl von Finanzierungsarten und Fördermöglichkeiten. Auf den vorhergehenden Seiten wurde bereits dargestellt, wie eine Betrachtung der Lebenszykluskosten die langfristig mögliche Entlastung kommunaler Haushalte unterstützen kann. Kredite der KfW oder andere Förderprogramme können kommunale Handlungsspielräume vergrößern. Eine weitere Option ist das Contracting, bei dem ein privatwirtschaftlicher Anbieter die Sanierung finanziert und anschließend die Anlage über einen vertraglich geregelten Zeitraum betreibt. Die Kommune ist von eigenen Investitionen freigestellt, dafür erhebt der Betreiber über die Vertragslaufzeit eine Contracting-Rate, mit der er die Anlage amortisiert und seinen Gewinn erzielt.


Beschaffung und Umsetzung

Durch die vergaberechtlichen Rahmenbedingungen (VGV, VOL, VOB) ist der kommunale Beschaffungsprozess in Deutschland streng geregelt. Entscheidend ist das

Einbinden der Kriterien Energieeffizienz und Produktqualität. Die Betrachtung von Lebenszykluskosten und Renditen hilft darüber hinaus, das langfristig wirtschaftlichste Angebot zu ermitteln.

Bewertungsmatrix

Vielfach bewährt hat sich hier als Werkzeug eine Bewertungsmatrix, die es in Form einer Rechentabelle ermöglicht, verschiedene Bieter anhand von frei wählbaren Kriterien gegenüberzustellen und den Bieter mit dem wirtschaftlichsten Angebot zu identifizieren. Durch die Einbeziehung qualitativer Merkmale sowie die Anpassung von Kriterien und Gewichtung kann das Projektteam die Bewertungsmatrix auf den konkreten Beschaffungsfall zuschneiden. Die Umsetzung der Straßenbeleuchtung, also der eigentliche Anlagenbau, erfolgt in der Regel durch spezialisierte Dienstleister. Bei der Abnahme der fertigen Anlage durch die Kommune gilt es zu prüfen, ob die vereinbarten Leistungen erfüllt wurden. Um eine langfristige Ersatzteilversorgung und gute Serviceleistungen sicherzustellen, ist es stets ein guter Rat, auf etablierte Hersteller mit guten Referenzen zurückzugreifen.

 Die Vorlage Bewertungsmatrix LED findet sich im Internet unter: www.ptj.de/klimaschutzinitiative-kommunen/projektlaufzeit.

Vor der Sanierung



63

Nach der Sanierung



64

Beispielhafte Sanierungskonzepte

Wer jetzt zögert, verschenkt bares Geld. Beispiele für gelungene Sanierungen von Straßenbeleuchtung aus ganz Deutschland machen deutlich, dass dank des technischen Fortschrittes und zielgerichteter öffentlicher Förderung der richtige Zeitpunkt zum Handeln gekommen ist.

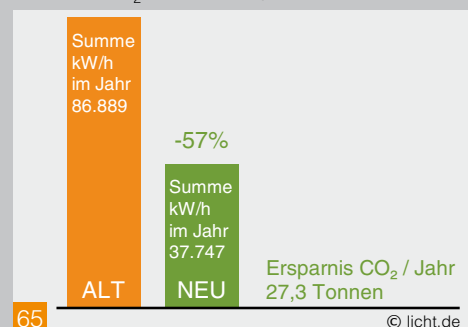
Best Practice: Königsfeld im Schwarzwald, im Netzwerk zum Sanierungserfolg

Der Kurort Königsfeld gehört als Mitglied des „LED-Netzwerk Schwarzwald“ zu den Preisträgern des im Jahr 2010 vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) initiierten Wettbewerbs „Kommunen in neuem Licht“. Mit der Förderung wurde die veraltete Stadtbeleuchtung auf energieeffiziente LED-Technik umgerüstet. Im Mittelpunkt stand die Entwicklung LED-basierter Beleutzungskonzepte für typische Straßen- und Platz-Situationen, die sich auch auf andere Städte und Gemeinden übertragen lassen. Das Projekt erfolgte in Zusammenarbeit mit Herstellern aus der Region sowie mit Wissenschaftlern der Hochschule Furtwangen University (HFU) und der Technischen Universität Darmstadt.

zu erzielen. Im Kurpark ersetzen 66 LED-Leuchten im Design der Jahrhundertwende die ehemals 38 Laternen. Ergänzend akzentuieren Bodeneinbauleuchten Baumgruppen sowie Fassaden und erzielen eine deutliche Verbesserung der atmosphärischen Aufenthaltsqualität.

Energieverbrauch mehr als halbiert

Durch die Umrüstung von konventioneller Bestückung auf LED reduziert sich der jährliche Energiebedarf in Königsfeld von 86.889 kWh auf 37.747 kWh. Das sind 56,6 Prozent weniger oder umgerechnet 27,3 Tonnen CO₂ Einsparung pro Jahr.



65

© licht.de

Evaluation durch Bürgerbefragung

Parallel zu den lichttechnischen Messungen führte die Hochschule Furtwangen Bürgerbefragungen durch. Mit der neuen LED-Beleuchtung sind 69 Prozent der Be-

[63-65] Best Practice am Beispiel Königsfeld im Schwarzwald. Vor und nach der Sanierung: Zunahme der Lichtqualität bei gleichzeitiger Reduktion der Energiekosten.

[66-68] Best Practice am Beispiel Bielefeld. Die Veränderung auf diesen beiden Abbildungen ist besonders augenfällig, wenn man die hellen Hausfassaden und die vergleichsweise dunkle Straße vor der Sanierung mit der hellen Straße und dem reduzierten Streulicht auf den Wänden nach der Sanierung vergleicht.

Neue Leuchten harmonisieren perfekt mit der jeweiligen Umgebung

Die Gemeindeverwaltung entschied sich für neutralweiße LEDs in den Wohn- und Geschäftsgebieten sowie für kaltweiße LEDs in den Ausfallstraßen. Auf dem Rathausplatz im Ortszentrum wurden komplett neue Mastleuchten installiert, um durch Anpassung von Lichtpunkthöhe und Lichtstärke eine gleichmäßige Lichtverteilung ohne Dunkelzonen und Blendeffekte

Vor der Sanierung



66

Nach der Sanierung



67

fragten zufrieden und der Meinung, dass die Helligkeit optimal sei. Über 75 Prozent der Befragten finden, dass die neue Beleuchtung zur Situation passe, eine Steigerung von knapp 38 Prozent gegenüber dem Ausgangszustand. Das deutlich bessere Lichtniveau wirkt sich auch auf das Sicherheitsempfinden aus: 70 Prozent der Befragten bestätigten ein sehr hohes Sicherheitsgefühl, wenn sie bei Dunkelheit unterwegs seien. Im Vergleich zur alten Anlage bedeutet dies eine Steigerung von 42 Prozent.

Best Practice: Bielefeld, weniger

Energiekosten – höhere Lichtqualität

Um 3,8 Millionen kWh pro Jahr konnte die Stadt Bielefeld ihren Stromverbrauch bei der öffentlichen Straßenbeleuchtung senken – allein durch den Austausch vorhandener Straßenbeleuchtung gegen moderne LED-Mastleuchten. Die Umrüstung in großem Umfang hat der Stadt einen beträchtlichen Gewinn hinsichtlich Energieeinsparung, CO₂-Reduzierung und Lichtqualität gebracht.

Gute Motive für den Wechsel

Etwa 16.000 mit Quecksilberdampfampfen bestückte Straßenleuchten waren in Bielefeld 2010 noch in Betrieb. Die verbindliche Einführung der EU-Verordnung 245/2009 (Ökodesign-Richtlinie), die vorschreibt, dass ab April 2015 keine Quecksilberdampfampfen mehr in Verkehr gebracht werden dürfen, setzte die Stadt unter Zugzwang. Bei den Maßnahmen fokussierte die Kommune von vornherein auf die nachhaltige

LED-Technologie – und konnte dadurch entsprechende Investitionen zum Teil mit Fördergeldern des Bundesumweltministeriums abdecken.

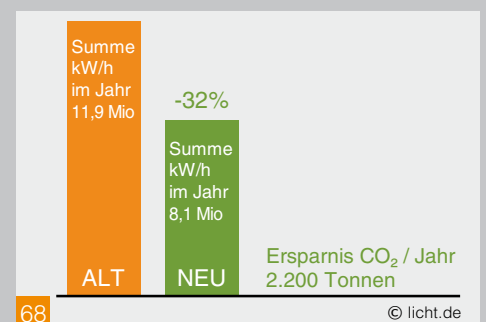
Modulare LED für maßgeschneiderte Lichtverteilungen

Die gewählten LED-Leuchten haben eine Nennleistungsaufnahme von lediglich 21W gegenüber 89W bei den bisherigen Pilz-Opalglas-Leuchten. Dank maßgeschneiderter Optikkomponenten bringen sie dabei deutlich mehr Licht in die Nutzenebene und vermeiden unnötiges Streulicht.

Auf den in der Regel acht bis zehn Meter breiten Wohn- und Anliegerstraßen sorgen die installierten Leuchten nun für eine bedeutend hellere Ausleuchtung der Verkehrsflächen. In diesen Standardsituationen sind die Leuchten mit speziellen Linsen für eine asymmetrische Lichtverteilung ausgestattet. Dank ihrer exakten Lichtabstrahlung gibt es keine Probleme mehr mit dem Anstrahlen von Schlafzimmer- oder Wohnzimmerfenstern. Die Leuchten erlauben eine Reduzierschaltung um etwa 50 Prozent zwischen 22:30 Uhr und 04:30 Uhr. Hinter dem Mast befindliche überbreite Gehwege oder von der Fahrbahn abgesetzte Geh- bzw. Radwege lassen sich durch zusätzliche LED-Riegel ebenfalls gut ausleuchten. Bei Mastabständen von bis zu 40 Metern, Masthöhen von fünf Metern und Straßenbreiten von bis zu 10 Metern ergibt sich eine deutlich verbesserte und gleichmäßigere Ausleuchtung der Straßen- und Gehwegflächen.

Energieeinsparung summiert sich

Pro ausgetauschter HQL-Leuchte ergibt sich eine Energie- und CO₂-Einsparung von 83 Prozent. Bezogen auf die zirka 31.000 Leuchten in Bielefeld bedeutet der Leuchtentausch im Jahr 2011 sowie in 2012/2013 eine Energieeinsparung von zirka 32 Prozent. Der CO₂-Ausstoß wird hierdurch pro Jahr um 2.200 Tonnen reduziert, die Energieeinsparung liegt bei 3,8 Millionen kWh/Jahr. Außerdem geben die Leuchten ein insektenfreundliches Licht ab und es gibt weniger Lichtverschmutzung durch das gerichtete Licht auf Straßen- und Gehwegflächen in Wohn- und Anliegerstraßen.



68

© licht.de

Fördermöglichkeiten

Die Best Practice Beispiele zeigen nicht zuletzt, wie die Nutzung von Fördermöglichkeiten Entscheidungs- und Sanierungsprozesse für Kommunen erleichtert. Wichtige Anlaufstellen für die Förderung von Sanierungsprojekten sind das Bundesumweltministerium und die bundeseigene KfW-Bank. Auf Bundes-, Landes- und Europaebene existieren weitere Fördermöglichkeiten, Informationen dazu geben zum Beispiel die Energieagenturen von Bund und Ländern.

Normen, Literatur, hilfreiche Webseiten

Licht im kommunalen Bereich ist komplex. Normen werden überarbeitet und Förderprogramme werden neu ins Leben gerufen, geändert oder eingestellt. Die aktuellsten Informationen finden sich meist im Internet, aber auch die Fachliteratur kann dabei helfen, sich im Dschungel der Straßenbeleuchtung zurechtzufinden.

Die wichtigste Norm in der Straßenbeleuchtung ist die DIN EN 13201. Zum heutigem Stand – Jahresbeginn 2014 – ist sie in Überarbeitung. Wann sie erscheinen wird, ist zur Zeit noch offen.

Die **DIN 13201-1** (Teil 1) bezieht sich nur auf Deutschland. Die Teile 2 bis 4 sind auch europäische Norm. Teil 1 stellt ein System zur umfassenden Auswahl der typischen Beleuchtungssituationen im Straßenverkehr dar. Diese werden in unterschiedliche Beleuchtungsklassen eingeteilt, die wiederum festlegen, welche Mindestwerte bei der Beleuchtung erreicht werden müssen.

Im zweiten Teil der **DIN EN 13201-2** werden weitere Bedürfnisse der unterschiedlichen Nutzer und die dafür erforderlichen Werte festgelegt.

Teil Drei, **DIN EN 13201-3**, legt fest, wie die Gütemerkmale mathematisch berechnet und angewendet werden müssen.

Teil Vier, **DIN EN 13201-4**, definiert die verschiedenen Verfahren für die Messungen der Gütemerkmale an Straßenbeleuchtungsanlagen.

Weitere, die **DIN 13201** ergänzende Normen, Richtlinien und Publikationen:

DIN EN 12464-2

Licht und Beleuchtung, Beleuchtung von Arbeitsstätten, Teil 2: Arbeitsplätze im Freien

DIN 5340

Begriffe der physiologischen Optik

[69] Leuchten mit Werfer-Spiegel-Systemen sorgen für eine blendfreie und homogene Beleuchtung von Fußgängerzonen und Plätzen. Eine zusätzliche Lichtmarke wird durch das beleuchtete Wasserspiel gesetzt.



DIN 67523

Beleuchtung von Fußgängerüberwegen mit Zusatzbeleuchtung
 Teil 1: Allgemeine Gütemerkmale, Richtwerte
 Teil 2: Berechnung und Messung

R-FGÜ 2001

Richtlinien für die Anlage und Ausstattung von Fußgängerüberwegen, veröffentlicht im Verkehrsblatt (VkBl) 2001, Seite 474 (www.verkehrsblatt.de)

DIN 67524

Beleuchtung von Straßentunnels und Unterführungen
 Teil 1: Allgemeine Gütemerkmale, Richtwerte
 Teil 2: Berechnung und Messung

CIE-Publikation 88

Guide for lighting of road tunnels and underpasses, 2. Auflage, Wien 2004 (www.cie.co.at/cie)

RABT

Richtlinie für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln, Köln 2006, herausgegeben von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. (FGSV) als Titel 339 (www.fgsv-verlag.de)

Lebensdauerverhalten von Entladungslampen für die Beleuchtung

Fachverband Elektrische Lampen im ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V., Frankfurt am Main 2005 (www.zvei.org)

Publikation Nr. 17:1998

Straßenbeleuchtung und Sicherheit
 Deutsche Lichttechnische Gesellschaft (LiTG) e.V., Berlin (www.litg.de)

Publikation Nr. 12.3:2011

Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen künstlicher Lichtquellen
 Deutsche Lichttechnische Gesellschaft (LiTG) e.V., Berlin (www.litg.de)

Publikation Nr. 15:1997

Einwirkung von Außenbeleuchtungsanlagen auf nachtaktive Insekten
 Deutsche Lichttechnische Gesellschaft (LiTG) e.V., Berlin (www.litg.de)

Hinweise zur Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen

Beschluss des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) vom 10. Mai 2000 (www.lai-immissionsschutz.de)

Weiterführende Links und hilfreiche Webseiten

Lotse zur Straßenbeleuchtung der DENA
<http://www.lotse-strassenbeleuchtung.de/>

Übersicht möglicher Förderprogramme – Förderdatenbank
<http://www.foerderdatenbank.de/>

KFW-Förderprogramme
<http://www.kfw.de>

Arbeits- und Entscheidungshilfe zur Auswahl von LED-Leuchten
<http://www.zvei.org/Verband/Publikationen/Seiten/Arbeits--und-Entscheidungshilfe-zur-Auswahl-von-LED-Leuchten.aspx>

Bewertungsmatrix für die Straßenbeleuchtung
www.ptj.de/klimaschutzinitiative-kommunen/projektlaufzeit



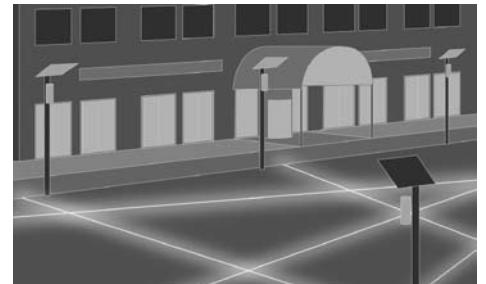
Leuchten in ihrer Anwendung

Moderne Leuchten bieten unzählige Möglichkeiten, den Außenraum mit Licht so zu gestalten, dass die Menschen sich hier wohl und sicher fühlen, ohne dabei die normativ geforderten Beleuchtungsstärken zu vernachlässigen. Im Folgenden eine Übersicht der wichtigsten Leuchtentypen mit ihren spezifischen Produkteigenschaften und Hinweisen zur richtigen Anwendung.

Welche Leuchte sorgt für welche Lichtwirkung? Auf welche Lichttechnologie sollte man setzen? Und, welche Leuchtentypen muss man einsetzen, um die Normvorgaben zu erfüllen? Die Auswahl der richtigen Leuchten ist für die Betreiber nicht immer leicht. Es gibt unzählige Vorgaben, aber auch genauso viele Möglichkeiten der Lichtgestaltung im kommunalen Raum. Zunächst muss einmal geklärt werden, welche Beleuchtungsaufgabe die gesuchte Leuchte erfüllen muss. Soll zum Beispiel eine mehrspurige Autobahn beleuchtet werden, sind ganz andere Lichtwerkzeuge gefragt als beispielsweise bei der Anstrahlung einer Fassade. Die auf diesen Seiten dargestellten Leuchtentypen geben einen ersten Überblick über Funktion und Einsatz.

Entscheidend für die Auswahl der geeigneten Leuchte sind meist technische Kriterien wie Lichtstärken, Lumen pro Watt, Lichtpunkthöhen oder Abstrahlwinkel. Aber auch die Wahl der passenden Lichttechnologie bedarf einer grundsätzlichen Entscheidung. LED-Leuchten und LED-Module haben in den letzten Jahren den Markt revolutioniert und die früher vorherrschenden Halogen-Metall dampflampen, Natriumdampf-Hochdrucklampen oder Leuchtstofflampen in vielen Bereichen schon vom Markt verdrängt. Sie bestechen vor allem durch ihre hohe Energieeffizienz und ihre lange Produktlebensdauer.

Auch das Design der Leuchten spielt eine wichtige Rolle bei der Produktauswahl. So sollte sich die Formgebung einer Leuchte der umgebenden Architektur anpassen, um ein stimmiges Gesamtbild zu erzielen. Nicht zu unterschätzen ist dabei auch die Tagwirkung der Leuchten. Sie werden als Objekte im Raum wahrgenommen und sind somit auch ein wichtiger Teil der Stadtmöblierung.



Lineare Bodeneinbauleuchten werden bevorzugt zur dekorativen Gestaltung von Straßen oder Plätzen eingesetzt. Die Lichtbänder können auch mit RGB-Steuerungen und farbigem Licht betrieben werden und sorgen so für besondere Akzente.



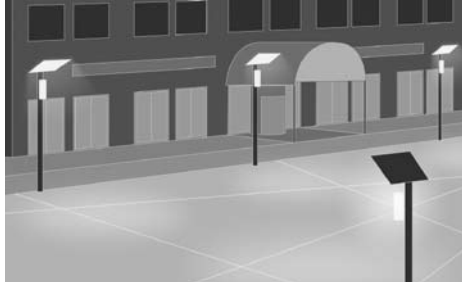
Bodeneinbauleuchten können Bäume und Sträucher von unten anstrahlen und damit in ihrer Umgebung akzentuieren. Sie können aber auch Fassaden oder Mauern mit ihrem eng- oder breitstrahlenden Streiflicht entsprechend in Szene setzen.



Überspannungsleuchten sind ideale Problemlöser. Sie können mittig über Straßen oder Gassen installiert werden und diese lichttechnisch optimal ausleuchten.



Mastauslegerleuchten, als Ein- oder Zweifachausleger, eignen sich als universale und energieeffiziente Problemlöser in der Straßenbeleuchtung. Zweifachausleger sind prädestiniert für die Ausleuchtung größerer Straßen oder Parkplätze.



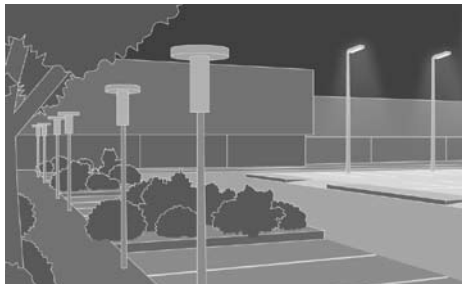
Mastaufsatzleuchten mit Sekundär-Licht-technik, auch Spiegel-Werfer-Systeme genannt, strahlen eine Reflektorfläche an, die das Licht gleichmäßig und blendfrei in die Umgebung abgibt. Ideal zur Beleuchtung von Fußgängerzonen und Plätzen.



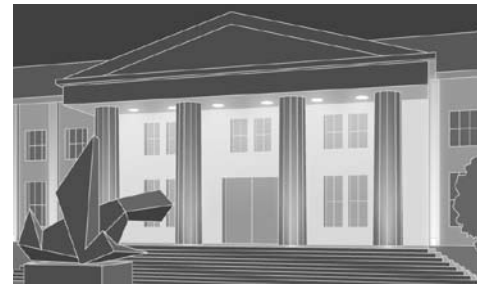
Dekorative Mastaufsatzleuchten sorgen neben ihrer funktionalen Beleuchtung auch für gestalterische Highlights auf Plätzen, in Fußgängerzonen, Parks oder auf Wegen. Sie sind gut kombinierbar mit Wandleuchten aus der eigenen Produktfamilie.



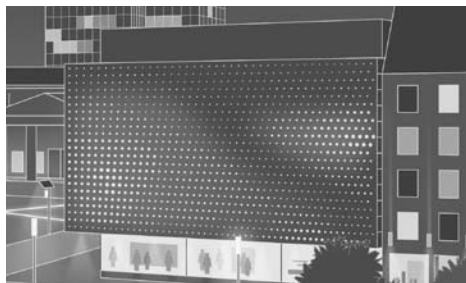
Hochleistungs-Mastleuchten als Fluter sorgen für eine effiziente und homogene Ausleuchtung selbst großer Flächen, wie beispielsweise von Rasthöfen, Parkplätzen, Industrie- oder Sportgeländen.



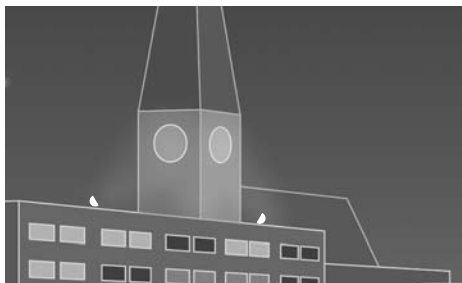
Mastleuchten und Lichtstelen dienen als technische und dekorative Außenleuchten zur Beleuchtung von Fahrbahnen, Wegen und Plätzen. Zum Teil lassen sich funktionale Elemente wie Anschlüsse für Gas, Strom, Wasser etc. mit den Leuchten kombinieren.



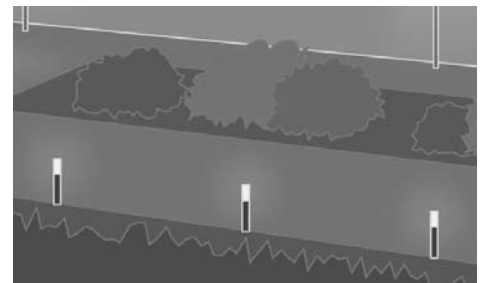
Deckeneinbau-, Deckenaufbauleuchten sorgen für Licht in Arkaden, unter Vordächern oder Vorsprüngen. Zurückhaltend in die Architektur integriert oder auffällig als dekorative Leuchte, lassen sich mit ihnen Lichträume im Außenbereich gestalten.



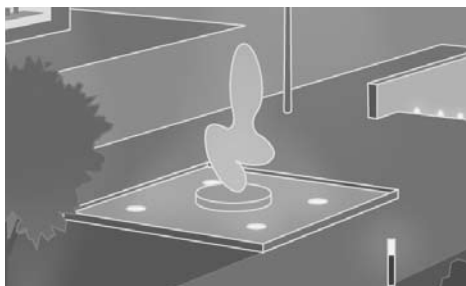
Medienfassaden lassen sich durch immer neue grafische Bilder oder Filme bespielen und werden damit zu einem riesigen Screen, der die Fassade immer neu gestaltet oder mit Werbebotschaften auf sich aufmerksam macht.



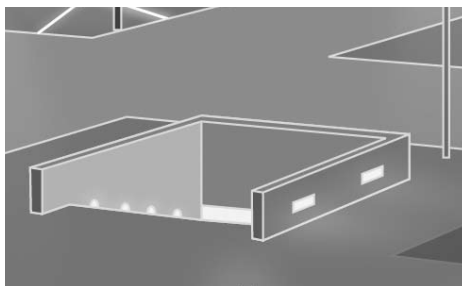
Scheinwerfer und Strahler sorgen für großflächige Anstrahlungen von Gebäuden, Denkmälern oder besonderen Sehenswürdigkeiten. Auf Gebäuden oder Masten montiert, eignen sie sich auch für eine Anstrahlungen aus weiterer Ferne.



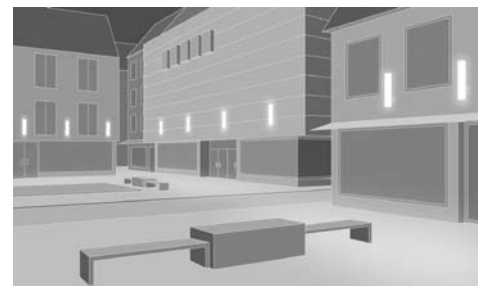
Pollerleuchten werden meist zur Beleuchtung von Wegen in Parks und Grünanlagen, aber auch zur zonalen Beleuchtung von Plätzen eingesetzt. Sie helfen bei der Orientierung und glänzen oft auch mit ihrem dekorativen Charakter.



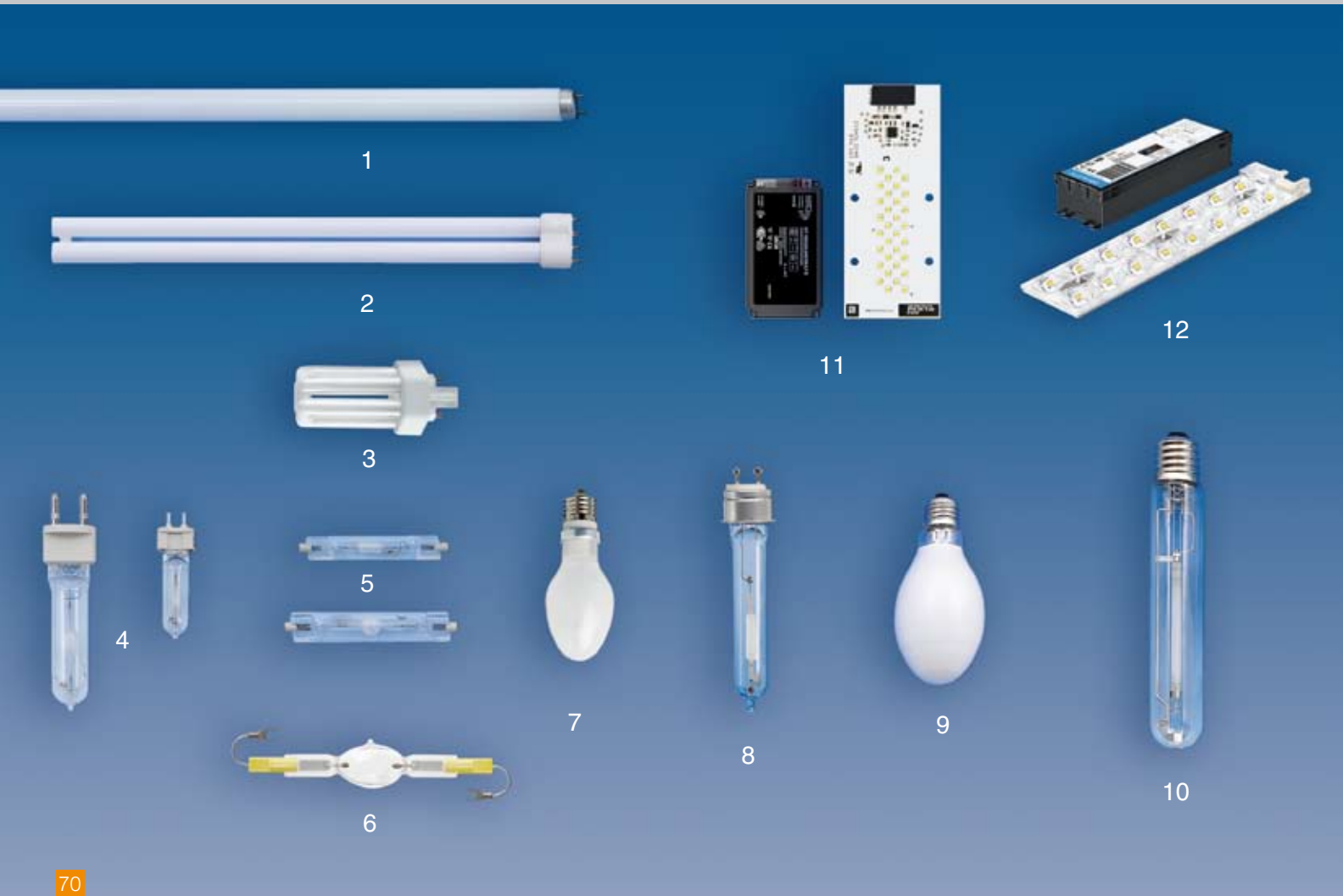
Unterwasserscheinwerfer, betrieben mit LEDs oder Lichtleitfasern, bieten Vorteile bei der Wartung und ermöglichen Lichtinszenierungen mit weißem oder farbigem Licht.



Wandeinbauleuchten helfen bei der Orientierung, beispielsweise bei Treppenaufgängen oder der Wegeführung, und erhöhen das Sicherheitsempfinden.



Mit **Wandaufbauleuchten** können angrenzende Bereiche wie Wege und Plätze beleuchtet oder aber Fassaden mit Akzentlicht besonders betont werden.



70

Nr.	Lampentyp	Lampenleistung (Nennleistung in Watt)	Lichtstrom (Lumen)	Lichtausbeute (Lumen/Watt)	Lichtfarbe
Stabförmige Leuchtstofflampen					
1	Leuchtstofflampe Ø 26 mm	18 – 70	870 – 6.200	61 – 89	ww, nw, tw
Kompakt-Leuchtstofflampen					
2	2-Rohrleuchte gestreckte Bauform	16 – 80	950 – 6.500	67 – 100	ww, nw, tw
3	1-, 2- oder 3-Rohrleuchte kompakte Bauform	10 – 42	600 – 3.200	60 – 75	ww, nw, tw
Halogen-Metall dampflampen					
4	Einseitig gesockelt mit Keramiktechnik	20 – 400	1.600 – 41.000	80 – 108	ww, nw
5	Zweiseitig gesockelt mit Keramiktechnik	70 – 150	5.100 – 14.500	73 – 104	ww, nw
6	Zweiseitig gesockelt	1.000 – 2.000	90.000 – 230.000	90 – 117	nw, tw
7	Ellipsoidform mit Keramiktechnik	35 – 150	3.200 – 13.700	84 – 94	ww, nw
8	Röhrenform mit Keramiktechnik	45 – 315	4.300 – 37.000	96 – 120	nw, tw
Natriumdampf-Hochdrucklampen					
9	Ellipsoidform	50 – 1.000	3.800 – 130.000	88 – 150	ww
10	Röhrenform	35 – 1.000	2.200 – 128.000	63 – 139	ww
LED-Module					
11	LED-Modul (herstellerspezifisch und ZHAGA-konform), ohne Optik und Kühlkörper	18 – 75	2.500 – 10.000	110 – 140	nw, tw
12	LED-Modul technische Beleuchtung (herstellerspezifisch), mit Optik, ohne Kühlkörper	15 – 45	2.100 – 5.000	111 – 139	nw, tw
13	LED-Modul technische Beleuchtung (herstellerspezifisch), mit Optik und Kühlkörper	32 – 60	2.700 – 6.000	87 – 100	ww, nw
14	LED-Modul technische Beleuchtung (herstellerspezifisch), ohne Optik, mit Kühlkörper	21	2.600	120	ww, nw, tw

ww = Warmweiß Farbtemperatur bis 3.300 K

nw = Neutralweiß Farbtemperatur 3.300 K bis 5.300 K

tw = Tageslichtweiß Farbtemperatur >5.300 K

Lichtquellen

Ab dem 13. April 2015 dürfen neue Quecksilberdampf-Hochdrucklampen in der EU nicht mehr in den Verkehr gebracht werden. Hier zeigen wir die wichtigsten aktuellen LED-Module und Lampentypen, um einen Wechsel auf effiziente Lampentechnologien zu erleichtern.

Stabförmige Leuchtstofflampen und Kompakt-Leuchtstofflampen [1-3]

Stabförmige Leuchtstofflampen und Kompakt-Leuchtstofflampen zeichnen sich durch eine hohe Lichtausbeute, gute Farbwiedergabe und lange Lebensdauer aus. Im Außenraum sollten spezielle Varianten eingesetzt werden, die im Temperaturbereich von 5 °C bis 70 °C einen annähernd gleichbleibend hohen Lichtstrom aufweisen. Mit einem geeigneten EVG lassen sich die Lampen dimmen.

Halogen-Metall dampflampen [4-8]

Halogen-Metall dampflampen überzeugen durch ihr brillantes Licht und sorgen so für ein attraktives Stadtbild. Lampen mit Keramikbrenner-Technologie bestechen durch eine besonders hohe Lichtausbeute von bis zu 100 lm/W und sind damit deutlich energieeffizienter als Lampen mit Quarzbrennern. Diese Lichtquellen eignen sich aufgrund ihrer guten Farbwiedergabe und hohen Lichtqualität besonders für repräsentative Inszenierungen von Denkmälern, Brunnen oder historischen Bauwerken. Speziell für die Straßenbeleuchtung entwickelte Varianten haben eine extra lange Lebensdauer und sind für lange Wechselintervalle optimiert.

Natriumdampf-Hochdrucklampen [9-10]

Natriumdampf-Hochdrucklampen zeichnen sich durch eine enorm hohe Lichtausbeute von bis zu 150 lm/W und eine lange Lebensdauer aus. Varianten für die Straßenbeleuchtung haben eine sehr geringe Frühausfallrate von gerade mal 5% bei 24.000h. Damit lassen sich Wechselintervalle von 6 Jahren realisieren. Abstriche muss man allerdings in punkto Lichtqualität machen, denn die Lampen bieten lediglich einen R_a von ≤ 25 und einen gelblichen Farbeindruck. Einige Varianten ermöglichen einen einfachen Eins-zu-eins-Umstieg von Quecksilberdampf-Hochdrucklampen auf Natriumdampf-Hochdrucklampen.

LED-Module [11-14]

LED-Module sind Lichtquellen, die mit Einzel-LED bestückten Platinen (PCB) Licht erzeugen. Je nach Ausbaustufe können die Module bereits mit einer Optik zur Lichtlenkung und einem Kühlkörper ausgestattet sein. Moderne Module schaffen eine enorm hohe Lichtausbeute. Außerdem zeichnen sich die Lichtquellen durch eine sehr lange Lebensdauer aus. Die Lichtausbeute und die Lebensdauer sind von den Temperaturen im Betrieb abhängig. Bei niedrigen Temperaturen steigen Lebensdauer und Effizienz und die LED-Module spielen ihre volle Überlegenheit aus.

LED-Module sind fester Bestandteil einer LED-Leuchte, durch eine geeignete Lichttechnik in der Leuchte können Streulicht und Blendwirkung unter Berücksichtigung von Energieeffizienz und Lichtkomfort optimiert werden.

Zu einem LED-Modul gehört auch immer das passende Vorschaltgerät. Es sollten nur Vorschaltgeräte benutzt werden, die den Anforderungen in der Straßenbeleuchtung gerecht werden. Eine hohe Schutzart sowie ein Überspannungsschutz ist ebenfalls wichtig. Die Kombinationen aus LED-Modulen und Vorschaltgeräten können beim Hersteller erfragt werden. Spezielle Versionen weisen verschiedene Schnittstellen zur Steuerung (z.B. DALI oder AstroDIM) oder Zusatzfunktionen wie Lichtstromnachführung auf.

Die verfügbaren Light-Engines (LED-Module und Vorschaltgeräte) werden entweder herstellersistpezifisch oder beispielsweise durch die ZHAGA-Initiative definiert. Die ZHAGA-Initiative erarbeitet einheitliche Standards für Light-Engines.



13



14

Farbwiedergabe-Index R_a
(zum Teil als Bereich)

Sockel

85 – 98

G13

80 – 93

2G11; 2G7

80 – 90

G23; G24; 2G7; GX24

80 – 85

G8,5; G12; G22
GU6,5; GU8,5; GY22

75 – 95

RX7s; RX7s-24

65 – 90

K12s

85 – 93

E27

60 – 90

PGZ12; PGZ18

25

E27; E40

25

E27; E40

>70

–

>70

–

>70

–

>80

–

Jedes Heft!

€10,-

Die Schriftenreihe von licht.de

licht.wissen 16 Stadtmarketing mit Licht

40 Seiten zur individuellen Beleuchtung von Städten und Gemeinden: Heft 16 erklärt, wie sich Kommunen durch attraktive und energieeffiziente Lichtgestaltung profilieren können. Drei Masterpläne und viele Praxisbeispiele stellen gute Lösungen für das Stadtmarketing vor.



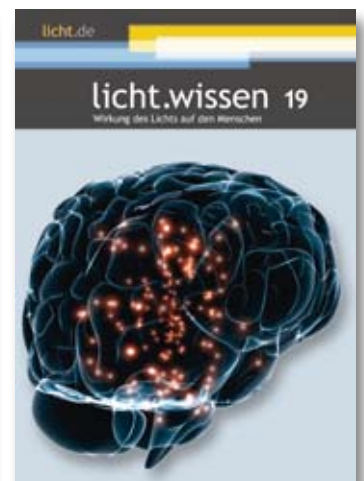
[licht.wissen 01] 60 Seiten Grundlagen und Informationen zur Beleuchtung mit künstlichem Licht: Heft 01 beschreibt die physikalischen Komponenten von Licht und vermittelt die wichtigsten Grundkenntnisse der Beleuchtungstechnik.



[licht.wissen 02] 56 Seiten mit allen wichtigen Informationen zur fachgerechten und effizienten Beleuchtung von Bildungsstätten. Zudem wird dargestellt, wie durch gute Beleuchtung Motivation und Leistung von Lernenden gefördert werden kann.



[licht.wissen 13] 32 Seiten Licht zum Arbeiten im Freien: Heft 13 erläutert, welche Kriterien bei der Beleuchtung von Arbeitsstätten im Freien zu beachten sind. Es basiert unter anderem auf der Norm DIN EN 12464, Teil 2.



[licht.wissen 19] 56 Seiten über die biologische Wirkung des Lichts auf den Menschen: Heft 19 informiert über den aktuellen Stand der Forschung und erläutert anhand von Praxisbeispielen den Umgang mit dynamischem Licht.

licht.wissen – per Post oder als kostenfreie PDF-Datei (Download) unter www.licht.de/lichtwissen

- | | | |
|--|---|---|
| 01 Die Beleuchtung mit künstlichem Licht (2008) | 08 Sport und Freizeit (2010) | 15 Gute Beleuchtung rund ums Haus (2009) |
| 02 Besser lernen mit gutem Licht (2012) | 09 Sanierung in Gewerbe, Handel und Verwaltung (2014) | 16 Stadtmarketing mit Licht (2010) |
| 03 Straßen, Wege und Plätze (2014) | 10 Notbeleuchtung, Sicherheitsbeleuchtung (2012) | 17 LED: Das Licht der Zukunft (2010) |
| 04 Licht im Büro, motivierend und effizient (2012) | 11 Gutes Licht für Hotellerie und Gastronomie (2005) | 18 Gutes Licht für Museen, Galerien, Ausstellungen (2006) |
| 05 Industrie und Handwerk (2009) | 12 Beleuchtungsqualität mit Elektronik (2003) | 19 Wirkung des Lichts auf den Menschen (2014) |
| 06 Shopbeleuchtung, attraktiv und effizient (2011) | 13 Arbeitsplätze im Freien (2007) | 20 Nachhaltige Beleuchtung (2014) |
| 07 Gesundheitsfaktor Licht (2012) | 14 Ideen für Gutes Licht zum Wohnen (2009) | |

All booklets are available in English as PDFs, download free of charge at www.licht.de/en

Alles über Beleuchtung!

Herstellerneutrale Informationen

licht.de informiert über die Vorteile guter Beleuchtung. Die Fördergemeinschaft Gutes Licht hält zu allen Fragen des künstlichen Lichts und seiner richtigen Anwendung umfangreiches Informationsmaterial bereit. Die Informationen sind herstellerneutral und basieren auf den relevanten technischen Regelwerken nach DIN und VDE.

licht.wissen

Die Hefte 1 bis 19 der Schriftenreihe licht.wissen geben Informationen zur Lichtanwendung. Diese Themenhefte erläutern anhand vieler Beleuchtungsbeispiele lichttechnische Grundlagen und zeigen beispielhafte Lösungen. Sie erleichtern damit auch die Zusammenarbeit mit Fachleuten der Licht- und Elektrotechnik. Alle lichttechnischen Aussagen sind grundsätzlicher Art.

licht.forum

Das licht.forum behandelt aktuelle Fragen der Lichtenwendung und stellt Beleuchtungstrends vor. Diese kompakten Fachinformationen erscheinen in loser Folge.

www.licht.de

Ihr umfangreiches Lichtwissen präsentiert die Fördergemeinschaft auch im Internet unter www.licht.de. Architekten, Planer, Installateure und Endverbraucher finden hier auf rund 5.000 Seiten praxisorientierte Tipps, viele Lichtenwendungen und aktuelle Informationen zu Licht und Beleuchtung. Eine Datenbank mit umfangreichen Produktübersichten weist den direkten Weg zum Hersteller.



[www.twitter.com/licht_de](https://twitter.com/licht_de)
[www.twitter.com/all_about_light](https://twitter.com/all_about_light)



www.facebook.com/lichtde



Impressum

Herausgeber

licht.de
 Fördergemeinschaft Gutes Licht
 Lyoner Straße 9, 60528 Frankfurt am Main
 Tel. 069 6302-353, Fax 069 6302-400
licht.de@zvei.org, www.licht.de

Redaktion, Text, Gestaltung und Realisation

LichtAgentur, Bonn

Lektorat

Christiane Kersting, Lüdenscheid

Druck

Druckhaus Haberbeck, Lage/Lippe

ISBN-Nr. Druckausgabe 978-3-926193-91-9

ISBN-Nr. PDF-Ausgabe 978-3-926193-92-6

02/14/10/03V

Berücksichtigt wurden die bei Herausgabe gültigen DIN-Normen und VDE-Vorschriften. Wiedergegeben mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e. V. Maßgebend für das Anwenden der DIN-Norm ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, erhältlich ist.

Der komplette oder auszugsweise Nachdruck von licht.wissen 03 ist mit Genehmigung des Herausgebers gestattet.

Bildnachweis

Bildnummern Rückseite:

		71
72	73	74
75	76	77

Bilder

[16] Alexander Ring, Lüdenscheid; [31] Claudia Dreyße, Dortmund; [70] Blitzwerk, Mühltal und LSD, Darmstadt

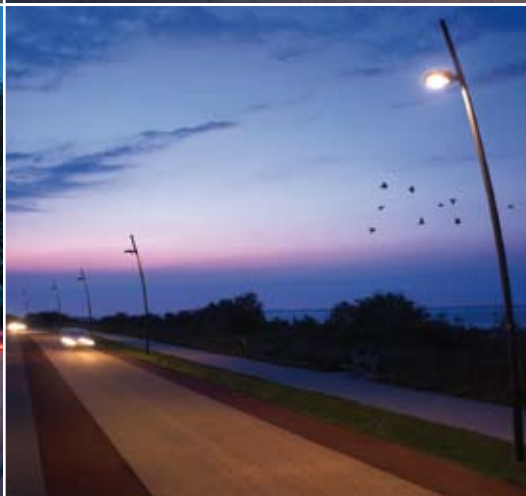
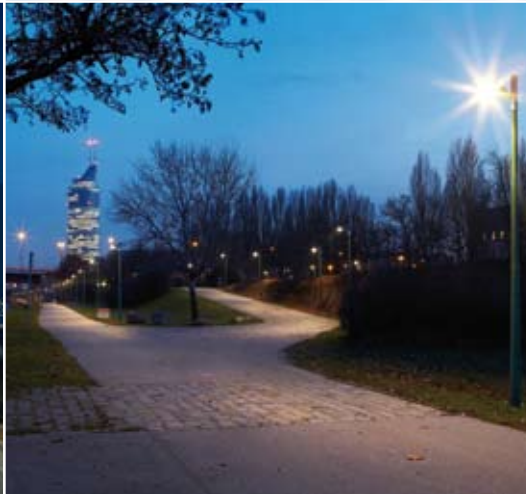
Alle anderen Bilder, 3D-Visualisierungen und Grafiken stammen von licht.de-Mitgliedsunternehmen oder wurden im Auftrag von licht.de angefertigt.



Gedruckt mit mineralölfreien Farben

licht.wissen 03

Straßen, Wege und Plätze



licht.de

Fördergemeinschaft Gutes Licht
Lyoner Straße 9
60528 Frankfurt am Main
Tel. +49 (0)69 63 02-353
Fax +49 (0)69 63 02-400
licht.de@zvei.org
www.licht.de